



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov

Diplomová práce

Vytápění multifunkčního domu

Heating of multifunctional building

Vedoucí práce: Ing. Pavla Pechová, Ph.D.

2019/2020

Bc. Jan Orihel



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

| | | | | | |
|--------------------|------------------------------------|-------|-----|--------------|--------|
| Příjmení | Orihel | Jméno | Jan | Osobní číslo | 423654 |
| Zadávající katedra | Katedra technických zařízení budov | | | | |
| Studijní program | Budovy a prostředí | | | | |
| Studijní obor | Budovy a prostředí | | | | |

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

| | | | |
|--|-------------------------------------|----------------------------------|----------|
| Název diplomové práce | Vytápění multifunkčního domu | | |
| Název diplomové práce anglicky | Heating of multifunctional building | | |
| Pokyny pro vypracování: V teoretické části práce proveďte rešerši způsobů vytápění multifunkčního domu. V praktické části zpracujte projektovou dokumentaci k vytápění v rozsahu: technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, půdorysy a řezy v měřítku 1:50, schéma otopné soustavy, schéma zapojení kotleny, detaily křížení potrubí, hydraulické zaregulování otopné soustavy a požadavky na ostatní profese. | | | |
| Seznam doporučené literatury: Kabele, K. a kol. Energetické a ekologické systémy budov 1, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2009 Topenářská příručka 3 - Návod na projektování tepelných zařízení, Praha: ČSTZ, s.r.o., 2007, ISBN 978-80-86028-13-2 Bašta, J. Velkoplošné sálavé vytápění – podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení, ISBN 978-80-247-3524-5 Lulkovičová, O. a kolektiv. Zdroje tepla a domovní kotleny, ISBN 80-80-76-002-0 ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ, 2011 ČSN EN 12 831: Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - část 1: Tepelný výkon pro vytápění, modul M3-3. ČAS, 2018 | | | |
| Jméno vedoucího diplomové práce | Ing. Pavla Pechová, Ph.D. | | |
| Datum zadání diplomové práce | 23.9.2019 | Termín odevzdání diplomové práce | 5.1.2020 |
| Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku | | | |
| Podpis vedoucího práce | | Podpis vedoucího katedry | |

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

| | |
|--|---------------------|
| Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“. | |
| 23.9.2019 | |
| Datum převzetí zadání | Podpis studenta(ky) |



Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Jan Orihel

.....

V Praze dne 01.01.2020



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov

Poděkování:

Děkuji Ing. Pavle Pechové, Ph.D. za odborné vedení práce a cenné rady.



ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá *Vytápěním multifunkčního domu* a je rozdělena do dvou částí, na část teoretickou a praktickou. V teoretické části je vypracována rešerše na způsoby vytápění multifunkčního domu. Obsahem praktické části je projektová dokumentace teplovodní otopné soustavy multifunkčního domu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, multifunkční budova, otopná soustava, zdroj tepla, projektová dokumentace

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the heating of a multifunctional building and is divided into two parts, theoretical and practical. In the theoretical part is elaborated research on ways of heating multifunctional building. The content of the practical part is the project documentation of the hot-water heating system of the multifunctional building.

KEY WORDS

Heating, multifunctional building, heating system, heat source, project documentation



SEZNAM PŘÍLOH:

Projektová dokumentace:

Výkres č. 1 – Půdorys 1.PP

Výkres č. 2 - Půdorys 1.NP

Výkres č. 3 - Půdorys 2.NP

Výkres č. 4 - Půdorys 3.NP

Výkres č. 5 – Půdorys kotelny

Výkres č. 6 – Pohled kotelny A

Výkres č. 7 – Schéma kotelny

Výkres č. 8 – Schéma otopné soustavy

Technická zpráva

Příloha č. 1 – Výpočet tepelných ztrát

Příloha č. 2 - Výpočet potřeby TUV a tepelná bilance

Příloha č. 3 - Hydraulický výpočet a regulace v programu GDS

Příloha č. 4 – Výpočet tloušťky izolace potrubí

Příloha č.5 – Návrh čerpadel

Příloha č. 6 – Technické listy a katalogy výrobců.

Teoretická část:

Způsoby vytápění multifunkčního domu



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov

**ZPŮSOBY VYTÁPĚNÍ
MULTIFUNKČNÍHO DOMU**

REŠERŠNÍ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

Vypracoval:

Bc. Jan Orihel

Vedoucí práce:

Ing. Pavla Pechová, Ph.D.

2019/2020



Obsah:

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 5 |
| 1.1 | Cíl práce..... | 5 |
| 2 | Energonositel..... | 5 |
| 2.1 | Plyn..... | 6 |
| 2.1.1 | Zemní plyn | 6 |
| 2.1.2 | Propan-Butan..... | 6 |
| 2.1.3 | Bioplyn..... | 7 |
| 2.2 | Elektřina..... | 7 |
| 2.3 | Alternativní zdroje | 8 |
| 2.3.1 | Solární energie..... | 9 |
| 2.3.2 | Geotermální energie | 10 |
| 2.4 | Tuhá paliva | 11 |
| 2.4.1 | Uhlí..... | 11 |
| 2.4.2 | Dřevo | 11 |
| 3 | Zdroj tepla | 12 |
| 3.1 | Kotle na plyn | 13 |
| 3.1.1 | Klasické kotle | 15 |
| 3.1.2 | Kotle nízkoteplotní..... | 15 |
| 3.1.3 | Kotle kondenzační..... | 15 |
| 3.2 | Elektrokotle | 16 |
| 3.3 | Tepelná čerpadla..... | 17 |
| 3.3.1 | Tepelná čerpadla vzduch-voda..... | 17 |
| 3.3.2 | Tepelná čerpadla Země-voda | 18 |
| 3.3.3 | Tepelná čerpadla voda-voda..... | 19 |
| 3.4 | Předávací stanice – dálkové teplo..... | 19 |
| 4 | Umístění zdroje | 20 |
| 5 | Volba teplotního spádu..... | 21 |
| 5.1 | Nízkoteplotní | 21 |
| 5.2 | Teplovodní..... | 21 |



| | | |
|-------|--|----|
| 5.3 | Horkovodní | 21 |
| 6 | Způsoby předávání tepla | 21 |
| 6.1 | Sdílení tepla vedením (kondukce) | 22 |
| 6.2 | Sdílení tepla prouděním (konvekce) | 23 |
| 6.3 | Sdílení tepla sáláním (radiace) | 24 |
| 7 | Teplovzdušné vytápění | 24 |
| 8 | Typy soustav | 24 |
| 9 | Způsoby vytápění prostoru | 25 |
| 9.1 | Radiátory deskové | 26 |
| 9.1.1 | Klasické radiátory | 26 |
| 9.1.2 | Ventil kompaktní | 27 |
| 9.2 | Konvektory | 27 |
| 9.2.1 | Podlahové konvektory | 28 |
| 9.2.2 | Otopné lavice | 29 |
| 9.2.3 | Stěnové konvektory | 29 |
| 9.3 | Plošné vytápění | 30 |
| 9.3.1 | Podlahové vytápění | 30 |
| 9.3.2 | Stěnové vytápění | 32 |
| 9.3.3 | Stropní vytápění | 34 |
| 9.4 | Vzduchotechnické jednotky | 35 |
| 9.4.1 | Centrální rozvod | 35 |
| 9.4.2 | S koncovými jednotkami | 35 |
| 9.5 | Zářiče | 36 |
| 9.5.1 | Světlé zářiče | 36 |
| 9.5.2 | Tmavé zářiče | 36 |
| 10 | Měření a regulace | 37 |
| 10.1 | Termostatický ventil | 38 |
| 10.2 | Termostatická hlavice | 38 |
| 10.3 | Regulační šroubení | 39 |
| 10.4 | Vyvažovací ventil | 40 |
| 10.5 | Regulátor tlakové difference | 40 |
| 10.6 | Čerpadlo | 41 |
| 10.7 | Expanzní nádoba | 42 |



| | | |
|------|--|----|
| 10.8 | Pojistný ventil | 42 |
| 11 | Popis a zdůvodnění způsobu vytápění v projektu | 43 |
| 11.1 | Popis objektu..... | 43 |
| 11.2 | Zdůvodnění způsobu vytápění | 44 |
| 12 | Závěr..... | 46 |
| 13 | Použité zdroje..... | 47 |



1 ÚVOD

Diplomová práce na téma „Vytápění multifunkčního domu“ je rozdělena do dvou částí. První část práce se skládá z projektu vytápění multifunkčního domu a k němu potřebných výpočtů. Projekt vytápění multifunkčního domu je považován za hlavní část diplomové práce.

Druhou a také vedlejší částí práce je rešerše, která je rozdělena do dvanácti kapitol a jednotlivých podkapitol. Rešeršní (teoretická) část práce popisuje a definuje druhy energonositelů, zdrojů tepla, umístění zdrojů tepla a volbu teplotního spádu. Dále jsou v rešeršní práci uvedeny způsoby předávání tepla, typy soustav a možnosti vytápění prostorů. Kapitola zabývající se měřením a regulací, uvádí pouze armatury použité v paralelním projektu vytápění multifunkční budovy, jelikož popsání celé problematiky měření a regulace není cílem této práce. Dále jsou v práci popsány a zdůvodněny způsoby vytápění zvolené v projektu vytápění multifunkční budovy.

1.1 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce je zpracování projektové dokumentace k vytápění multifunkční budovy. Projekt by měl být vypracován a vycházet z teoretické části, která se zabývá způsoby vytápění multifunkční budovy. Dílčím cílem teoretické části je popsat způsoby vytápění, tím tedy podložit správně navržené vytápění do multifunkční budovy. Dalším cílem teoretické části práce je určení nejvhodnějšího způsobu vytápění multifunkčních budov.

2 ENERGONOSITEL

Zjednodušeně řečeno, energonositel je hmota, která je schopna při své přeměně uvolňovat teplo. Pro účely vytápění jsou hlavní energonositelé zemní plyn, bioplyn, biomasa, topný olej, solární a geotermální energie i elektřina.

Vyhláška č.78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov definuje energonositele takto: „*energostonielem je hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě mechanické práce nebo tepla nebo na ovládání chemických nebo fyzikálních procesů*“. [43]

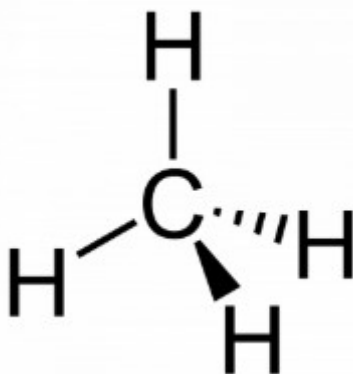


2.1 PLYN

Topné plyny jsou plynné látky, ze kterých je možné získat teplo, a to spalováním těchto plynů. Nejrozšířenějším plynem je zemní plyn, dalšími používanými plyny jsou bioplyn a propan-butan.

2.1.1 ZEMNÍ PLYN

Zemní plyn se skládá ze směsi uhlovodíků s proměnlivou příměsí neuhlovodíkových plynů. Metan je hlavní složkou všech druhů zemního plynu. Chemický vzorec metanu je CH_4 . Zemní plyn lze pomocí plynovodů distribuovat na velké vzdálenosti, a to ve formě ZZP neboli zkapalněného zemního plynu. Výhodnost této dopravy spočívá v tom, že z 1 m^3 ZZP lze získat 600 m^3 zemního plynu. Výhřevnost zemního plynu je přibližně 34 MJ/m^3 . [20]



Obrázek č. 1 Strukturní vzorec methanu [37]

Rozlišujeme 4 základní druhy zemního plynu, a to:

- Zemní plyn suchý, který je tvořen 95-98 % methanu a malým množstvím vyšších uhlovodíků
- Zemní plyn vlhký, který obsahuje 90 % methanu a větší množství uhlovodíků
- Zemní plyn kyselý obsahující vyšší množství sulfanu, které je ovšem problémové a musí se v místě těžby odstranit.
- Zemní plyn s vyšším obsahem inertních plynů (dusík, oxid uhličitý) [28]

2.1.2 PROPAN-BUTAN

Propan-butan je zkapalněný plyn, jeho získání je možné přímo z ložisek zemního plynu či rafinací ropy. Jeho velkou výhodou je možnost skladování v zásobnících, které většinou bývají zabudované do země. Vhodné je využít propan-butan v místech, kde není možné



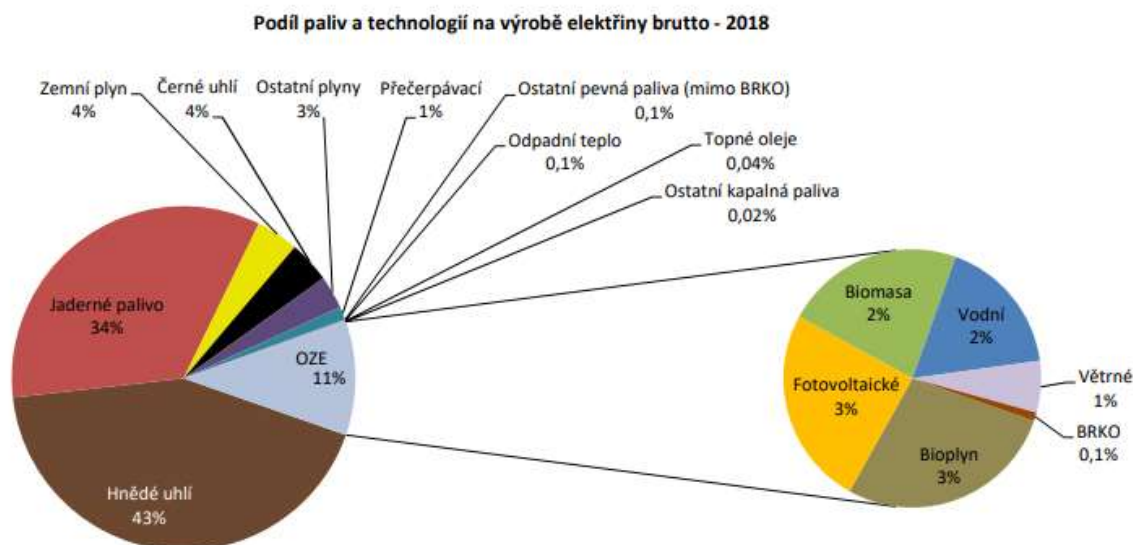
připojení na plynovod. Nevýhodou skladování v zásobnících je pravidelné doplňování. Pro běžný dům při standardním chování jeho uživatelů a běžném topení, vychází doplňování propan-butanu do zásobníků zhruba dvakrát ročně. Mezi další výhodu při využívání propan-butanu patří jeho vysoká výhřevnost, jelikož je dokonce až třikrát více výhřevnější než zemní plyn. [20], [28]

2.1.3 BIOPLYN

Mezi další způsoby vytápění, patří vytápění bioplynem, který vzniká v průběhu anaerobní digesce různých organických materiálů. K výrobě bioplynu se nejčastěji využívá bioodpad. Výroba bioplynu pro vytápění probíhá převážně v bioplynových stanicích, kde dochází ke spalování vyčištěného bioplynu v kogenerační jednotce. V kogenerační jednotce dochází k výrobě elektřiny, při které vzniká velké množství tepla, které je využito převážně k vytápění. Mezi dvě hlavní složky bioplynu patří methan a oxid uhličitý, dalšími složkami jsou dusík, vodík, vodní pára, čpavek, sulfan a kyslík. Pro vytápění je energeticky významná složka methanu. Methan je zastoupen v bioplynu v rozmezí od 40 % až do 75 %.

2.2 ELEKTRINA

Elektrickou energii je možné vyrábět mnoha způsoby. Mezi hlavní zdroje výroby elektřiny patří parní a jaderná. Další možností je výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, a to například pomocí fotovoltaické energie, větrné energie, vodní energie a biomasy. Pro čistější elektrickou energii je potřeba zvýšit produkci elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Při pohledu na roční zprávu 2018 Energetického regulačního úřadu je vidět jaký podíl na výrobě elektřiny v České republice mají jednotlivá paliva. Se 43 % vede hnědé uhlí, které má značný negativní dopad na životní prostředí. Druhé v pořadí je jaderné palivo se 34 %. Tato dvě paliva dohromady tvořila 77 % výroby elektrické energie v roce 2018. Pouhých 11 % tvořila výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie viz graf z roční zprávy, a to v poměru 3 % fotovoltaika, 3 % bioplyn, 2 % biomasa, 2 % vodní a 1% větrné. [9]



Obrázek č. 2 Podíl paliv a technologií na výrobě elektřiny brutto – 2018 (BRKO – biologicky rozložitelný komunální odpad) [9]

Aby byla elektrická energie smysluplná pro účely vytápění měla by být ideálně vyráběna z obnovitelných zdrojů energie a neměla by být vyráběna z paliv jako je například uhlí.

2.3 ALTERNATIVNÍ ZDROJE

Příklady alternativních zdrojů energie jsou energie ze slunečního záření, energie z vody, energie z větru, geotermální energie, tepelná čerpadla. Z těchto uvedených zdrojů jsou pro účely vytápění využitelné především solární energie a geotermální energie.

Alternativní zdroje energie by měly být čím dál tím více využívány jako zdroje energie. Zaprvé jejich výhoda spočívá v tom, že to jsou většinou obnovitelné zdroje energie a zadruhé nemají tak velký dopad na životní prostředí jako tuhá paliva a plyny. Obecně neobnovitelné zdroje, při nichž dochází ke spalování pro výrobu tepla, mají rozhodně větší uhlíkovou stopu než alternativní zdroje, a to několikanásobně. Nicméně to neznamena, že výroba tepla z obnovitelných zdrojů nemá žádnou uhlíkovou stopu. Uhlíková stopa je měřítkem dopadu lidské činnosti na životní prostředí a zejména na klimatické změny, uvádí se v ekvivalentních emisích CO₂.



2.3.1 SOLÁRNÍ ENERGIE

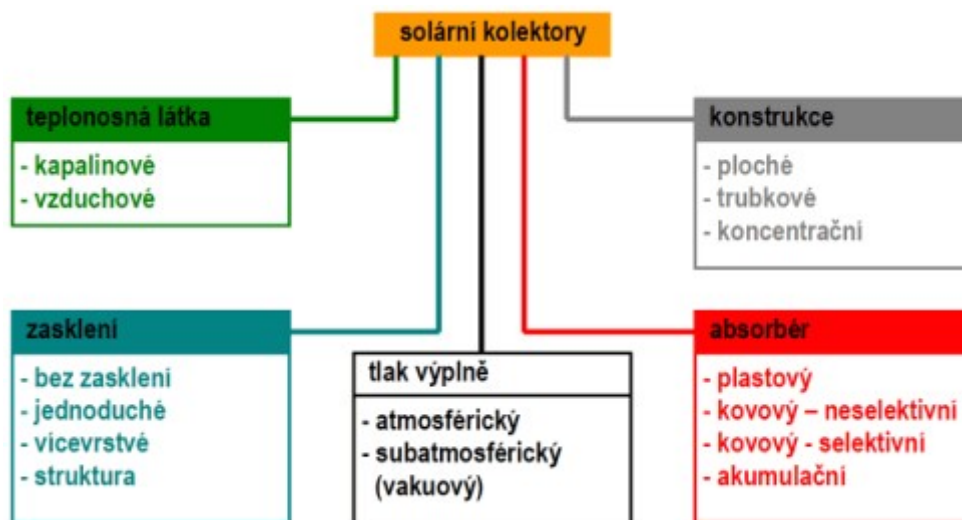
Slunce nám dodává obrovské množství energie, jen nepatrný zlomek z této energie jsme zatím schopni využívat. Sluneční energii využíváme především přeměnou v solárních kolektorech a fotovoltaických panelech. Pro účely vytápění a ohřevu teplé vody je však více zajímavé využití solárních kolektorů. Solární kolektory pohlcují sluneční energii, kterou přeměňují v tepelnou energii, a ta je následně předávána teplotonosné látce proudící skrz kolektor. Nejčastěji se v budovách používají kolektory s kapalnou teplotonosnou látkou, kterou je převážně voda nebo nemrznoucí směs vody a propylenu.

Základní dělení solárních kolektorů je podle konstrukce, a to ploché, trubkové a koncentrační. Pro vytápění a ohřev teplé vody v budovách se nejčastěji používají ploché kolektory.



Obrázek č. 3 Konstrukce plochých kolektorů [41]

Solární kolektory se vyrábí v různém provedení. Možnosti provedení je možné vidět na obrázku č. 4. [41]



Obrázek č. 4 Rozdělení solárních kolektorů. [41]

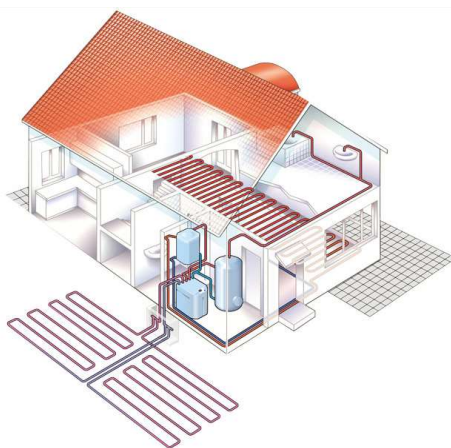


2.3.2 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Geotermální energii lze popsat jako tepelnou energii země. Geotermální energie se v dnešní době využívá jak na vytápění domů či průmyslových objektů, tak i na výrobu elektrické energie. Ačkoli Česká republika nepatří mezi země s nejvyšším geotermálním potenciálem, tak i u nás se dá využít geotermální energie k vytápění rodinných domů, celých městských částí či průmyslových objektů.

K vytápění budov pomocí geotermální energie se u nás nejčastěji používají takzvaná tepelná čerpadla země-voda. Tepelná čerpadla země-voda dále můžeme dělit na dvě skupiny, a to podle způsobu získávání tepla ze země.

První skupinou jsou zemní plošné kolektory, které mají jednu nevýhodu, a to je značná potřebná plocha půdy k jejímu provozování. Obvykle je potřeba 200-400 metrů nezastavěné plochy pro potřeby vytápění a přípravy teplé vody v rodinných domech. Do centra města jsou zemní kolektory nevhodné a jejich využití je spíše vhodné pro domy na okrajích měst či ve vesnicích. Zemní plošné kolektory mají lepší účinnost a jsou levnější oproti zemním vrtům.



Obrázek č. 5 TČ země/voda-horizontální kolektor [10]

Druhou skupinou jsou zemní vrty, někdy nazývané vertikální. Zemní vrty mohou mít hloubku 80 až 250 metrů. Vrtů je případně možné udělat takové množství, aby byl dosažen potřebovaný výkon. Nevýhodou zemních vrtů je potřeba předem zhotovit geologický průzkum pro zjištění potřebné hloubky a počtu vrtů, než se začne s vrtem samotného zemního vrtu. Na druhou stranu dají se použít i v místech s malým pozemkem, a oproti zemním kolektorům udržují stabilnější topný faktor i při nízkých venkovních teplotách v zimních měsících. Nevýhodou je vyšší cena zemních vrtů oproti kolektorům plošným. [19]



Obrázek č. 6 TČ země/voda – vrt [19]

2.4 TUHÁ PALIVA

Tuhá paliva byla v minulosti hojně využívána pro vytápění budov, avšak v dnešní době jejich zastoupení klesá. Mezi tuhá paliva využívaná k vytápění budov patří převážně uhlí a dřevo. Pro nové multifunkční budovy je využívání tuhých paliv pro centrální vytápění absolutně nevhodné, z hlediska náročnosti obsluhy, dodávky tuhého paliva a skladování.

2.4.1 UHLÍ

Uhlí jako neobnovitelný zdroj energie pro vytápění je těženo z povrchových nebo hlubinných dolů ve formě černého nebo hnědého uhlí. Zásadní nevýhodou při využívání uhlí pro vytápění je vznik oxidu uhličitého a oxidu siřičitého, které jsou produktem spalování. Mezi další nevýhody využívání uhlí pro vytápění patří značné prostorové nároky na uskladnění, složitost a časová náročnost obsluhy a také nutné doplňování zásob.

2.4.2 DŘEVO

Dalším tuhým palivem vedle uhlí je dřevo, které je oproti uhlí obnovitelné a má nižší ekologickou stopu, avšak pro vytápění multifunkčních budov je taktéž naprosto nevhodné. Dřevem myslíme nejen surové dřevo ale i dřevo ve formě pelet a briket. Dřevo je spalováno v kotlích na tuhá paliva, avšak jeho využití se v dnešní době nachází už jen především v lokálních zdrojích tepla jako jsou například krby a otevřené ohně. Tento způsob využití dřeva totiž není jen o vytápění, ale většinou především o požitku uživatele, který mu dodává.



3 ZDROJ TEPLA

Zdroj tepla je zařízení, ve kterém probíhá přeměna chemické energie obsažené v palivu na energii tepelnou, a přeměněné teplo pomocí teplotnosné látky umí dopravit do místa odběru neboli spotřeby. Takovýmto zdrojem tepla máme na mysli všechny typy kotlů, tepelných čerpadel, kogeneračních jednotek. [30]

Velikost zdroje tepla je možno rozdělit do tří skupin:

- **Malé zdroje tepla**

Malé zdroje tepla jsou ty, které zásobují teplem například kancelář, jeden byt, celé patro, rodinný dům i bytový dům.

- **Střední zdroje tepla**

Střední zdroje tepla zásobují celé obytné domy či skupinu budov. Pokud je to jedna až dvě běžné budovy, mohou to být stále ještě domovní kotelny. Blokované zdroje, které vyrábí teplo pro skupinu budov však už musí být postaveny jako samostatný objekt.

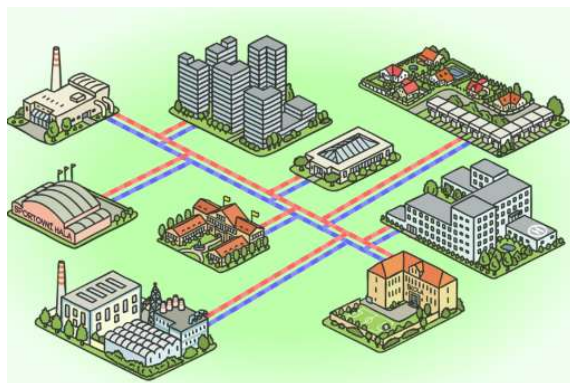
- **Velké zdroje tepla**

Za velké zdroje tepla považujeme například výtopny a teplárny. Velké zdroje tepla vyrábějí tepelnou energii za účelem zásobovat teplem velké územní celky. Běžně tomuto teplu říkáme dálkové teplo, známé také jako soustava zásobování tepelnou energií (SZTE). Starší název, se kterým se taktéž můžeme potkat je (CZT) centralizované zásobování teplem.

Soustava zásobování tepelnou energií (SZTE) má své výhody i nevýhody. Jedna z výhod je odsunutí spalovacích procesů mimo město a tím i snížení emisí ve městech. Malé a střední zdroje, u kterých probíhá spalovací proces vždy své emise produkují do svého okolí, což ve městech může mít nepříjemný dopad na ovzduší a jeho kvalitu. Další výhodou soustavy zásobování tepelnou energií je, že spalování paliva probíhá s větší účinností. Důvodem vyšší účinnosti paliva jsou stabilní podmínky při spalování, při kterých je dosahováno vyšších účinností než při neustálém spínání a vypínání kotlů v malých a středních zdrojích. Nevýhodou soustavy zásobování tepelnou energií je její síť, která má zaprvé tepelné ztráty stejně tak jako všechny rozvody. Za druhé náklady na provozování, udržování a opravu navyšují cenu tepla oproti teplu, které si vyrobíte v místě spotřeby. Dalším faktorem může být i odpojování zákazníků od této soustavy. Odpojování zákazníků na soustavu má vliv, a to v



podobě rozdělení fixních nákladů na cenu tepla neboli s menším počtem zákazníků roste cena tepla. Tento efekt však může být i opačný. [30]



Obrázek č. 7 Schéma dálkového zásobování teplem [6]

3.1 KOTLE NA PLYN

Plynové kotle se vyrábí v mnoha různých provedeních. Plynové kotle je tedy možné dělit podle níže uvedených kritérií.

Kotelny se zařízením na plynná paliva se dle normy ČSN 07 0703 rozdělují do kategorií. Kategorie kotlen jsou tři a jsou rozděleny podle jmenovitých tepelných výkonů kotlů. [5]

- **Kotelny III. kategorie:**

Kotelny se jmenovitým tepelným výkonem jednoho kotle od 50 kW do součtu jmenovitých tepelných výkonů 0,5 MW včetně a kotelny se součtem jmenovitých tepelných výkonů kotlů větším než 100 kW, i když ani jeden z nich nedosahuje jmenovitého tepelného výkonu 50 kW, do součtu jmenovitých tepelných výkonů 0,5 MW včetně.

- **Kotelny II. kategorie:**

Kotelny se součtem jmenovitých tepelných výkonů kotlů nad 0,5 MW do 3,5 MW včetně.

- **Kotelny I. kategorie:**

Kotelny se součtem jmenovitých tepelných výkonů kotlů nad 3,5 MW.

Dále plynové kotle dělíme dle přívodu a odvodu vzduchu. V tomto dělení spadají plynové kotle do skupiny plynových spotřebičů, a ty se celkově dělí do tří skupin. [30]



- **Spotřebiče typu A:**

Spotřebič typu A spotřebovává ke spalování vzduch z prostoru, ve kterém je spotřebič instalován, a do téhož prostoru jsou odváděny i spaliny. Příkladem těchto spotřebičů jsou plynové sporáky na vaření.

- **Spotřebiče typu B:**

U spotřebičů typu B se vzduch přivádí z téhož prostoru, kde je spotřebič instalován, ale spaliny jsou odváděny do venkovního prostředí pomocí komínu či kouřovodu s funkcí komínu.

- **Spotřebiče typu C:**

Vzduch pro provoz spotřebiče typu C se přivádí z venkovního prostředí a jeho spaliny jsou rovněž odváděny do venkovního prostředí. Zde jsou dvě varianty umístění odvodu spalin, a to buď na venkovní fasádu či na střechu.

Další možností je dělit kotle podle typu použitých hořáků, zde bych uvedl pouze dělení hořáků podle přívodu spalovacího vzduchu. [42]

- **Hořáky ejekční (atmosférické hořáky):**

Do směšovače atmosférických hořáků se nasává pouze určité množství stechiometrického objemu spalovacího vzduchu, zbytek potřebného množství je přiveden do spalovacího prostoru tahem spotřebiče.

- **Hořáky s nuceným přívodem spalovacího vzduchu:**

Zdrojem vzduchu pro tento typ hořáků je převážně ventilátor.

Kotle je dále možno dělit podle způsobu umístění a upevnění. [42]

- **Stacionární:**

Tyto kotle stojí samovolně na podlaze, bez dalších opor.

- **Závěsné:**

Kotle závěsné jsou převážně zavěšené na zdi. Někdy však z prostorových důvodů kotelny jsou zavěšeny na kovové konstrukce.

Další dělení je podle použitého materiálu, ze kterého je kotel vyroben.

- **Ocelové**

- **Litínové, článkové**



- **Jiné, kombinace materiálů, speciální materiály**

Posledním dělením je dělení podle možného způsobu provozu kotle. Toto dělení ovlivňuje hlavně teplota vratné vody, která má vliv na chod kotle a výslednou teplotu spalin. Optimálním nastavením těchto parametrů lze dosáhnout správným vybavením kotle, a tím je možné dosáhnout vyšších účinností kotlů. [30]

3.1.1 KLASICKÉ KOTLE

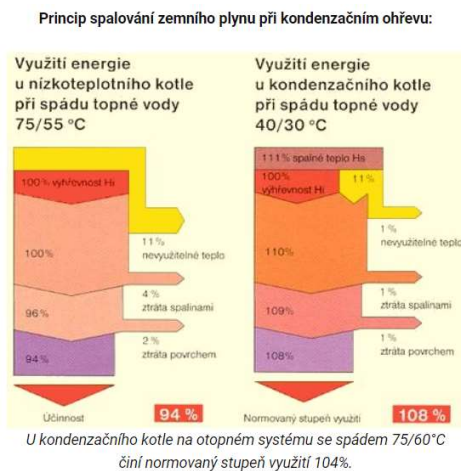
Klasické kotle se vyznačují tím, že jsou navrženy pro provoz se suchými spalinami jejichž teplota je vyšší než 180 °C. Předpokladem správné funkce klasického kotle je minimální teplota vratné vody, která musí být vyšší než 60 °C. Klasické kotle jsou tak schopné pracovat pouze s vyššími teplotními spády. Typický teplotní spád je 90/70 °C. Průměrně klasické kotle dosahují maximální účinnosti kolem 90 %.

3.1.2 KOTLE NÍZKOTEPLTNÍ

Nízkoteplotní kotle jsou charakteristické tím, že mají teplotu spalin nad rosným bodem paliva a teplotou topné vody okolo 60 °C.

3.1.3 KOTLE KONDENZAČNÍ

Principem kondenzačních kotlů je v maximální možné míře dosahovat kondenzace odchozích spalin a odebírat kondenzační teplo k dalšímu ohřevu vratné vody. Standardně je teplota vratné vody 30 °C až maximálně 45 °C. Ve firemních prospektech kotlů může jejich účinnost přesáhnout až 100 %. Důvodem je, že účinnost je vztahována k výhřevnosti plynů, a ne ke spalnému teplu. Spalné teplo je veškeré teplo, které vznikne spálením jednotkového množství plynu a stechiometrického množství kyslíku při dokonalém spalování. Spalné teplo tedy zahrnuje výhřevnost i latentní teplo neboli teplo obsažené ve vodní páře. Proto je možné dosáhnout účinnosti vyšší než 100 %, protože jak je vysvětleno výše je vztažena k výhřevnosti. Pokud by měla být vztažena k celkovému neboli spalnému teplu, tak nikdy nemůže být vyšší než 100 %, a dle výpočtů je její reálná hodnota okolo 97,5 % při maximálním využití latentního tepla. [30]



Obrázek č. 8 Princip spalování zemního plynu při kondenzačním ohřevu [40]

3.2 ELEKTROKOTLE

Elektrokotel přeměňuje elektrickou energii na teplo pomocí výměníku s topnými tělesy. Elektrokotle mají dobrou účinnost až 99 %. Účinnost je vztahována k samotné přeměně elektrické energie na teplo. Přestože elektrokotle mají takto vysokou účinnost, jsou energetickými štítky zařazovány do kategorie D, protože legislativa bere v úvahu účinnost výroby a distribuce elektrické energie na konečné hodnocení energetického štítku. Elektrokotle mají spoustu výhod, mezi které patří nízká pořizovací cena, jednoduchá montáž, tichý provoz a nejsou nutné pravidelné revize. Velkou nevýhodou jsou velké provozní náklady (závislé na ceně elektřiny). Mezi další nevýhody patří vyšší požadavky na kapacitu elektrické sítě. Za výhodu, která však není technického hlediska považují obecně u elektrokotlů velmi povedený design.



Obrázek č. 9 Elektrokotel od firmy BOSCH – Tronic Heat 3500 [2]



Elektro kotle jsou doporučovány do objektů s velmi malými tepelnými ztrátami a celkově malými nároky na dodávaný výkon. Dnes už ale i elektrokotle mají výkony v řádech desítek kilowatt, a dokonce se dají skládat do kaskád pro dosažení potřebného vyššího výkonu. Je však důležité zvážit všechna pro a proti při výběru, stejně tak jako u všech ostatních výrobků.

3.3 TEPELNÁ ČERPADLA

Tepelná čerpadla jsou moderním zdrojem tepla. V počátcích byly díky svému malému COP faktoru v zimních měsících a velkému hluku považovány za ne úplně nejlepší řešení. Avšak dnes se tepelným čerpadlům povedlo tyto dvě hlavní nevýhody téměř smazat. Tepelná čerpadla dnes už své okolí nezatěžují tak velkým hlukem, a to díky lepším konstrukčním řešením a také kvalitně vyřešeným útlumem hluku.

Topný faktor (COP) tepelných čerpadel je vyjádřen poměrem dodaného tepla ku množství spotřebované energie. Obecně se tento faktor pohybuje v rozmezí 2–5, pokud by za daných podmínek byla hodnota COP například 3, tak nám to říká, že tepelné čerpadlo vyprodukuje třikrát více tepla než elektroohřev při stejném odběru elektrické energie jako tepelné čerpadlo. Hodnota COP však velmi závisí na podmínkách, při kterých je měřen. Hlavními dvěma podmínkami bývá teplota místa, ze kterého je teplo odebíráno, ale také požadovaná výstupní teplota teplotonosné látky. COP je tedy závislé nejen na vstupních údajích, které se v průběhu zimy mění, ale i na výstupní požadované teplotě. Například výstup do podlahového topení s teplotou topné vody 35 °C má vyšší COP než výstup do radiátorů při požadované teplotě 50°C.

Používanými tepelnými čerpadly pro teplovodní vytápění jsou tyto tři druhy, a to tepelná čerpadla vzduch-voda, voda-voda a země-voda.

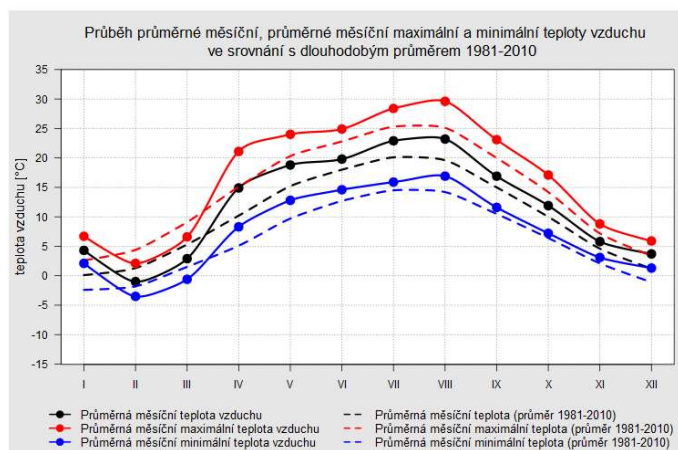
3.3.1 TEPELNÁ ČERPADLA VZDUCH-VODA

Tepelná čerpadla vzduch-voda umí využít energii obsaženou ve venkovním vzduchu a předat jí do media otopné soustavy. Jak už bylo výše řečeno důležitým faktorem je topný faktor COP. U tepelných čerpadel vzduch-voda se značně snižuje COP s klesající venkovní teplotou. Nicméně tepelná čerpadla jsou schopná produkovat teplo i v minusových hodnotách okolo -15 °C, tento údaj se liší podle výrobce. Výsledek klesajícího faktoru COP je snižující se



výkon tepelného čerpadla, v praxi je tato nevýhoda řešena doplněním bivalentního zdroje, aby se nepředimenzovávala tepelná čerpadla. Podkladem pro toto řešení je, že velkou většinu topné sezóny se nevyskytují extrémní návrhové stavy, a proto je ekonomicky přijatelné mít pro případ extrémních návrhových venkovních teplot připraven například elektrický dohřev. Například v Praze-Karlov je změřeno dle Českého hydrometeorologického ústavu, že průměrná teplota v nejhorších zimních měsících se pohybuje od 0 ° až 5 °C (viz obrázek č.10). Za těchto podmínek mají tepelná čerpadla stále velmi přijatelné hodnoty COP, avšak u průměrné teploty velice záleží na lokalitě. [4]

Praha - Karlov - 2018



Obrázek č. 10 Průběh průměrné měsíční teploty v porovnání s dlouhodobým průměrem Praha-Karlov [4]



Obrázek č. 11 TČ vzduch-voda značky NIBE [32]

3.3.2 TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ-VODA

Tepelná čerpadla využívají teplo obsažené v zemi a umí ho předat do media otopné soustavy. Tepelná čerpadla země-voda dělíme do dvou skupin. První skupinou jsou zemní kolektory a druhou skupinou jsou zemní vrty.

- **Zemní kolektory**

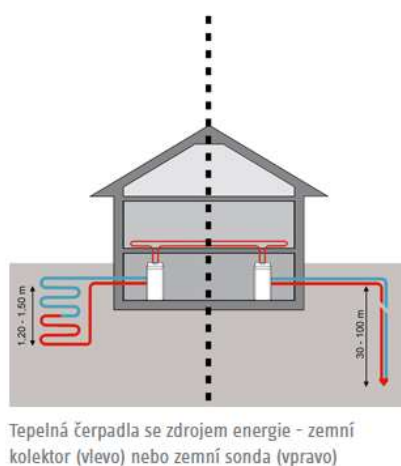
Zemní kolektory se instalují do plochy ve hloubce například 1,2 m – 1,5 m pod zem viz obrázek č. 12. Nevýhodou zemních kolektorů je značná potřebná plocha, do které se sběrné kolektory instalují. Výhodou je však nižší cena oproti vrtaným kolektorům.

- **Zemní vrty**

Pro instalaci zemních vrtů je zapotřebí nechat předem zhotovit geologický průzkum. Podle geologického průzkumu se posléze dá určit kolik a jak hlubokých vrtů bude potřeba pro dosažení potřebného výkonu. Geologický průzkum navyšuje cenu



konečného řešení, a ta je větší než cena zemních kolektorů. Velkou výhodou zemních vrtů je stabilita výkonu i v zimních měsících oproti zemním kolektorům, kde výkon klesá. Vrtací soupravy umí běžně vrtat do hloubky až 100 metrů, některé i více.



Obrázek č. 12 Ukázka zemního kolektoru (vlevo) a zemního vrtu (vpravo) [36]

3.3.3 TEPELNÁ ČERPADLA VODA-VODA

Z výše zmíněných druhů tepelných čerpadel jsou tepelná čerpadla voda-voda používána v České republice na vytápění nejméně. Příkladem, jak může fungovat tepelné čerpadlo voda-voda je odebírání tepla ze studniční vody, po odebrání tepla je voda vrácena zpět, avšak do vsakovací studny. Nevýhodou je tedy potřeba dvou studen od sebe vzdálených v předepsaných vzdálenostech, aby se ochlazená voda nedostávala okamžitě zpět do zdrojové studny. Pokud by se toto nedodrželo, funkce tepelného čerpadla by byla velmi neefektivní.

3.4 PŘEDÁVACÍ STANICE – DÁLKOVÉ TEPLLO

Předávací stanice nejsou přímým zdrojem tepla, jako předchozí zmíněné možnosti zdrojů tepla pro vytápění, avšak svým způsobem tyto zdroje mohou nahradit. V úvodu této kapitoly bylo už mnohé o zásobování dálkovým teple řečeno. Předávací stanice jsou z hlediska vytopen a tepláren koncový prvek odebírající teplo z jejich soustavy. Přesto pro budovy předávací stanice je vlastně zdrojem tepla. Předávací stanice mají stejné výhody a nevýhody jako byly napsány u systémů zásobování tepelnou energií. Doplnil bych však, že oproti kotlům na plyn není potřeba žádné odkouření, a proti tepelným čerpadlům zabírají předávací



stanice o stejném výkonu mnohem menší prostor. Výhodou je i nepravděpodobnost nedostatečného výkonu, respektive bezproblémové pokrytí extrémních špiček. Nevýhodou je závislost na dodavateli tepla, a to nejen v dodávce tepla, ale i nečekaných změn ceny za odebrané teplo. [20]

Maxi S - calc

Tlakově nezávislá kompaktní předávací stanice s paralelním ohřevem TV



Obrázek č. 13 Tlakově nezávislá kompaktní předávací stanice od firmy KP MARK s.r.o. [29]

4 UMÍSTĚNÍ ZDROJE

Umístění je z technického hlediska důležité vzhledem k typu zvoleného zdroje. Možnosti umístění závisí například na velikosti daného prostoru, kde má být zdroj instalován, možnost odkouření daného prostoru, potřeba tepelného výkonu, přístup k energonositeli a mnoho dalších.

- **Dálkové vytápění**

Dálkové vytápění má zdroj tepla mimo dodávaný objekt neboli teplo je dodáváno do objektu ze vzdáleného zdroje pomocí distribuční sítě.

- **Centrální vytápění**

Centrální neboli ústřední topení zajišťuje vytápění a přípravu teplé vody například pro celou budovu.

- **Etážové vytápění**

Etážové vytápění zajišťuje potřebu tepla v celém patře, bývá u půdorysně rozlehlejších objektů.

- **Lokální vytápění**



Zdroj tepla je ve stejné místnosti, do které teplo dodává. Prostým příkladem je obyčejný krb či elektrický přímotop.

5 VOLBA TEPLITNÍHO SPÁDU

Volba teplotního spádu je velmi zásadním krokem pro celou otopnou soustavu. Návrh teplotního spádu volíme podle typu otopné soustavy, otopných ploch a zdroje tepla. U nízkoteplotních a teplovodních soustav se většinou volí hodnota teplotního spádu 10 až 25 K, zatímco u horkovodních soustav 40 až 50 K.

Otopné soustavy se dělí podle teploty topné vody.

5.1 NÍZKOTEPLITNÍ

Nízkoteplotní soustavy mají teplotu topné vody menší než 65 °C. Běžně projektované spády jsou například 55/45 °C, 45/35 °C, 35/25 °C. Teplotní spád 55/45 °C je například vhodný pro moderní otopnou soustavu s malými tepelnými ztrátami, vytápěnou pomocí radiátorů. Takové soustavy dosahují dostatečného výkonu při adekvátní velikosti otopných těles. Teplotní spád 35/25 °C je naopak vhodný pro podlahové vytápění, které při tomto spádu obvykle nepřekračuje přípustné povrchové teploty nášlapné vrstvy podlahy. [21]

5.2 TEPILOVODNÍ

Teplovodní soustavy se vyznačují teplotou topné vody vyšší než 65 °C, ale nižší než 115 °C. Obvykle projektované spády jsou například 75/65 °C, 70/50 °C, 70/60 °C. [21]

5.3 HORKOVODNÍ

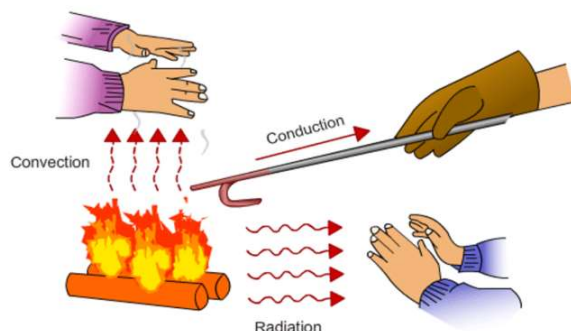
Horkovodní soustavy mají teplotu topné vody minimálně 115 °C a teplotní spád se volí v rozmezí 40 až 50 K. [21]

6 ZPŮSOBY PŘEDÁVÁNÍ TEPLA

Máme tři základní možnosti, jak sdílet teplo. Sdílení tepla je totiž samostatná velmi rozsáhlá nauka, a proto zde nebudou popsány podrobně způsoby sdílení tepla, ale spíše uvedeny



příklady v otopných soustavách. Sdílení tepla se dělí do tří kategorií, na sdílení tepla vedením, prouděním a sáláním. Ve skutečnosti se u otopných těles však vždy jedná o kombinaci proudění a sálání, protože není reálné od sebe tyto dva způsoby předávání energie zcela oddělit. Druhy vytápění se tak v otopných soustavách od sebe odlišují převažujícím způsobem, kterým sdílí teplo.



Obrázek č. 14 Konvekce, vedení a sálání tepla [33]

U otopných soustav tyto tři možnosti sdílení tepla přiřazujeme k teplovodnímu vytápění, avšak vytápět se dá i proudícím teplým vzduchem. Pro účel této práce osamostatním teplovzdušné vytápění z důvodu, že první tři možnosti sdílení budu popisovat jako teplovodní, a tudíž teplovzdušné vytápění je samostatná kapitola. Velkým rozdílem mezi teplovodním a teplovzdušným vytápěním je v měrné tepelné kapacitě a teplotě media, zatímco voda má obecně kapacitu $4\,180\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, tak vzduch má kapacitu při 20°C pouze $1\,010\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Tento rozdíl se projeví v množství potřebného media dodaného do místa spotřeby, a to se odrazí na velikosti potrubí, tedy potrubí se vzduchem bude několikanásobně větší než potrubí s topnou vodou. [3], [20]

6.1 SDÍLENÍ TEPLA VEDENÍM (KONDUKCE)

Sdílení tepla vedením jinak nazýváno též jako kondukce. Sdílení tepla dle druhého zákona termodynamiky zjednodušeně říká, že teplo z místa vyššího potenciálu se šíří do místa s nižším potenciálem. Sdílení tepla především ovlivňuje součinitel tepelné vodivosti ($\lambda[\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}]$), který určuje vodivost materiálu. Součinitel tepelné vodivosti se určuje jako experimentálně zjištěná veličina. Například u stavebních materiálů jako je cihla se musí dát pozor na to, že například vlhkost zhoršuje tepelnou vodivost cihly, a tím se navyšují tepelné



ztráty objektu. Dále se sdílení tepla v teplovodním vytápění odehrává například v oblasti výměníků, a to prostupem tepla pevnou stěnou výměníku, kde je součinitel tepelné vodivosti velmi důležitý pro přenos tepla. Zatímco u stavebních konstrukcí je převážně snaha, aby sdílení tepla bylo minimální neboli snažíme se o úspory v oblasti tepelných ztrát, tak u výměníků je třeba dosáhnout téměř stoprocentní účinnosti při předávání tepla.

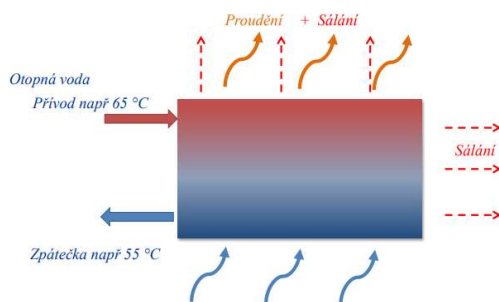
Sdílení tepla ve výměnících probíhá v kombinaci nejčastěji vedením tepla a prouděním, zde slouží stěna výměníku jen jako příklad vedení tepla. [3], [20]

6.2 SDÍLENÍ TEPLA PROUDĚNÍM (KONVEKCE)

Sdílení tepla prouděním neboli konvekcí. Sdílení tepla prouděním probíhá jako přestup tepla v tekutinách, tj. kapalinách a plynech.

Soustavy, u který převažuje složka konvektivní se vyznačují tím, že teplota vzduchu v místnosti je vyšší než teplota stěn v místnosti. Tato skutečnost napomáhá přirozenému proudění vzduchu v místnosti a to tak, že teplý vzduch se ochlazuje o studenější stěny místnosti a ochlazený vzduch padá k zemi, což vyvolává přirozené proudění vzduchu. Proudící vzduch kolem otopných těles se ohřívá, a tak dochází k přestupu tepla z otopných těles do vzduchu v místnosti. Proudění kolem těles může být dáno přirozeným vztlakem vzduchu v místnosti, díky jeho rozdílným hustotám, anebo může být nucené pomocí ventilátorů. Nejlepším příkladem pro sdílení tepla prouděním je podlahový konvektor. Podlahový konvektor sdílí teplo hlavně konvekcí, oproti jiným otopným tělesům má zanedbatelnou složku sálání.

Soustavy s otopnými tělesy se řadí mezi převážně konvektivní, podle typu konstrukce otopných těles je rozdíl v poměru sálavé a konvektivní složky větší či menší. [3], [20]



Obrázek č. 15 Princip otopného tělesa [44]



6.3 SDÍLENÍ TEPLA SÁLÁNÍM (RADIACE)

Sdílení tepla sáláním je způsob přenosu tepla, který nepotřebuje jako jediný hmotu. Sálání je definováno jako vzájemné sdílení energie mezi dvěma tělesy s různými povrchovými teplotami ve formě elektromagnetického vlnění. Typickým znakem sálavých systémů je, že povrchová teplota stavebních konstrukcí je vyšší než teplota vzduchu.

Mezi sálavé otopné soustavy řadíme převážně velkoplošné vytápění, kterými jsou podlahové, stěnové a stropní. Plocha bývá zahřívána zabudovaným potrubím do konstrukce. Tím, že zahříváme plochu konstrukce, dosahujeme vyšší povrchové teploty konstrukce, než má vzduch v místnosti. Vyšší povrchová teplota stěny sálá na ostatní plochy s nižší povrchovou teplotou. Opět zde platí, že tyto systémy nepředávají teplo pouze sáláním, ale i konvekcí. Například podlahové vytápění má podíl tepla předaného sáláním jen o málo větší než teplo, které předá konvekcí. Většímu podílu konvekce u podlahové topení oproti ostatním, napomáhá jeho poloha. Ohřátý vzduch o konstrukci podlahy vstoupá vzhůru ke stropu, což vytváří přirozené proudění vzduchu v místnosti, tím pádem umožňuje sdílení tepla i konvekcí. Podlahové topení tak využívá vhodně výhod obou sdílení tepla. [3], [20]

7 TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ

Teplovzdušné vytápění, jak už z názvu vyplývá využívá k přenosu tepla proudění vzduchu. Princip je jednoduchý, přivádí ohřátý vzduch a ochlazený vzduch odvádí. Maximální teplotu přiváděného vzduchu určuje typ vytápěného prostoru a typ koncového prvku. Oproti teplovodním způsobům je sice potřeba větších dimenzí potrubí, ale zase nejsou potřebné otopná tělesa či plochy. Výhodou teplovzdušného vytápění je rychlejší schopnost reagovat na změnu výkonu, tedy i teploty. Nevýhodou teplovzdušného vytápění je zcela chybějící složka sálání, aby bylo dosaženo stejného tepelného komfortu, musí zde být nahrazena sálavá složka vyšší výslednou teplotou v prostoru. To však vede k vyšším tepelným ztrátám objektu a také různému vnímání tepelné pohody jednotlivými uživateli. [3], [20]

8 TYPY SOUSTAV

Typy soustav můžeme dělit například podle níže vypsání kategorií. [21]



Soustavy dělíme podle oběhu vody na:

- **S přirozeným oběhem**

Soustavy s přirozeným oběhem fungují na principu rozdílných hustot vody. Ohřátá voda stoupá přirozeným vztlakem vzhůru a tím uvádí vodu do pohybu. Výhoda tohoto systému je, že funguje bez elektrické energie, nevýhoda je že je omezena maximálním přirozeným vztlakem.

- **S nuceným oběhem**

Dnes převážně navrhovaným systémem, k oběhu vody využívá práci čerpala. Výhodou je dosažení mnohem větších tlaků neboli dopravních výšek. Nevýhodou spotřeba elektrické energie.

Soustavu můžeme rozdělit podle počtu potrubí a směru proudění:

- **Dvoutrubková otopná soustava**

- a) Protiproudé zapojení
- b) Souproudé zapojení (Tichelmann)

- **Jednotrubková otopná soustava**

- a) Průtočná
- b) S obtokem

Dále dělíme soustavy na otevřené a uzavřené:

- **Otevřená otopná soustava**

Otevřená otopná soustava má otopnou vodu ve styku s atmosférickým tlakem. V nejvyšším místě soustavy je umístěna otevřená nádoba, která zachycuje změnu expanzního objemu nárůstem hladiny v nádobě nebo přetečením topné vody z otevřené nádoby.

- **Uzavřená otopná soustava**

Uzavřená otopná soustava je dnes běžným řešením, kdy se změna expanzního objemu vyrovnává pomocí expanzní nádoby.

9 ZPŮSOBY VYTÁPĚNÍ PROSTORU

K vytápění prostoru lze použít otopná tělesa, plošné vytápění, přímé sdílení. Do otopných těles jsou řazena tělesa desková, článková, trubková, konvektory, sálavé panely a pasy. Za



plošné vytápění je považováno podlahové, stěnové a stropní. Přímé sdílení je například sdílení tepla pomocí kamen, krbů, plynových a elektrických topidel, zářičů a vzduchem. [20]

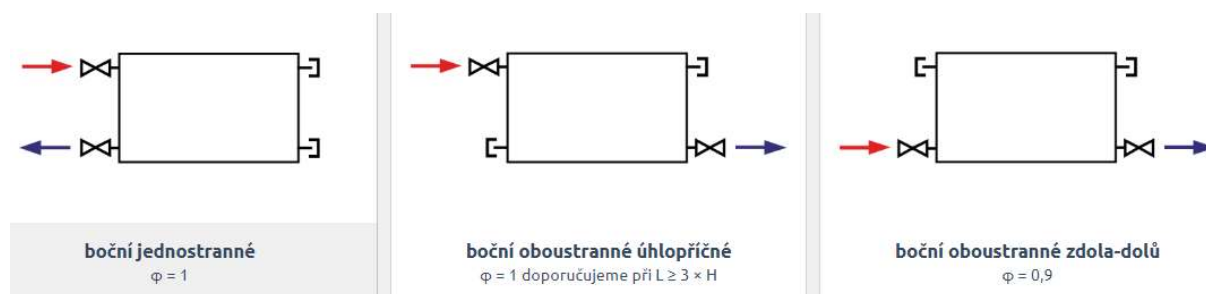
Pro vytápění budov se dají použít veškeré výše vypsané možnosti, avšak pro účel této práce budou popsány jen hlavní z nich, které si nachází místo a uplatnění v nových multifunkčních budovách.

9.1 RADIÁTORY DESKOVÉ

Základní dvě varianty deskových radiátorů nazýváme klasické (s bočním připojením) a ventil kompakt. Radiátor přenáší teplo do místnosti pomocí konvekce i radiace. Díky zastoupení obou složek sdílení tepla vytváří v místnosti dobrou tepelnou pohodu. Ze zkušenosti navrhování se ví, že ideální umístění radiátorů v místnosti je pod oknem, a to tak, aby jeho délka pokrývala přibližně 80 % - 90 % délky okna. Pokud by nebyl radiátor umístěn pod oknem, je možné, že by v místnosti mohl vznikat chladný proud u nohou, který působí velmi nekomfortně. Tento studený proud by vznikl prudkým ochlazením vzduchu na studeném skle okna, výsledkem toho by byl rychlý pád tohoto vzduchu k podlaze, kde by se projevil jako nepříjemný chladný proud u nohou. Dále se doporučuje maximální výška taková, aby bylo minimálně 10 cm mezi parapetem a radiátorem, a stejně tak i radiátorem a zemí. [20]

9.1.1 KLASICKÉ RADIÁTORY

Klasické radiátory mají boční připojení. Výrobci nám nabízejí různé varianty, jak napojit těleso na otopnou soustavu viz obrázek č. 16.



Obrázek č. 16 Způsob napojení radiátoru RADIK KLASIK od firmy KORADO [27]



Přičemž se ví, že i způsob připojení otopného tělesa na otopnou soustavu může mít vliv na výkon deskového radiátoru. Na obrázku č.16 stojí za všimnutí účinnost vyjádřena jako φ , která nám prozrazuje, že varianta třetí neboli boční oboustranné zdola-dolů má pouze 90 % účinnost oproti zbylým dvou variantám. Variantu, která na obrázku č.15 není, ale je dobré se o ní zmínit, je převrácení varianty dvě neboli boční oboustranné úhlopříčné. Pokud by došlo k prohození přívodu se zpátečkou, dochází ke snížení až na 85 % projektovaného výkonu.

9.1.2 VENTIL KOMPAKT

Radiátory typu ventil kompakt se vyznačují spodním připojením. Na výběr jsou tři varianty, a to klasické pravé připojení nebo levé a některé firmy vyrábí i středové. Tento typ radiátoru se většinou volí, pokud je potrubí nepřiznané. Nejčastější variantou je, že potrubí přichází k radiátoru z podlahy, avšak může být i zasekané ve stěně. Pro úplně čistý design je nejlepší variantou spodní připojení přes rohové šroubení, které vytvoří volný prostor pod radiátorem. Sice je tato varianta komplikovanějším řešením instalace přes kapsu ve zdivu, ale výhodou je čistější design, kdy není vidět téměř žádné potrubí, a podlaha pod radiátorem zůstane bez nepěkných prostupů, tak se pod touto variantou i lépe uklízí.



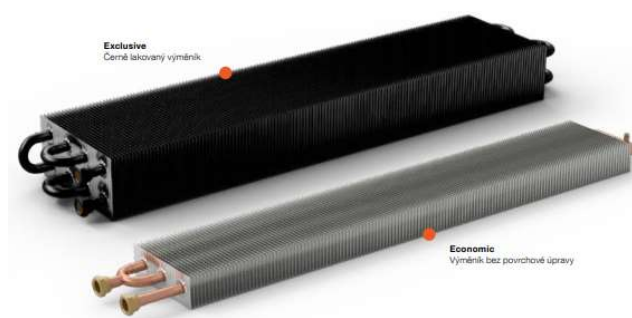
Obrázek č. 17 Ukázka radiátoru RADIK LINE VK s rohovým připojením [38]

9.2 KONVEKTORY

Konvektory jsou speciálním druhem otopných těles, vyznačující se pro ně typickou žebrovanou otopnou trubkou (viz obrázek č.18). Další charakteristický znak je, že sdílí teplo výhradně konvekcí. Konvektorů, respektive jejich zpracování je opět velké množství, a to podlahových, lavicových, stěnových a parapetních. Dále se tyto konvektory rozdělují na



konvektory s přirozenou konvekcí a nuceným přívodem vzduchu. Velká většina konvektorů jsou teplovodní, avšak existují i elektrické. Obecně pro konvektory platí, že jsou uplatňovány v objektech s vysokým tepelným odporem ochlazovaných konstrukcí. Důvodem je, jak už bylo výše popsáno potřeba vyšší teploty pro dosažení optimálního tepelného komfortu. Čím vyšší je tepelný odpor ochlazovaných konstrukcí, tím menší je tepelná ztráta. Výhoda konvenční složky je schopnost rychlého pokrytí tepelné ztráty větráním. [20]



Obrázek č. 18 Ukázka typického těla konvektorů (KORADO) [26]

9.2.1 PODLAHOVÉ KONVEKTORY

Podlahové konvektory se využívají především u obvodových stěn, které jsou celé nebo značně prosklené. Velkou výhodou je i možnost umístění v prostoru prosklených dveří na balkon či jiného venkovního prostoru. Tím je možné dodržet principy navrhování, a umístit otopná tělesa pod nejvíce ochlazované plochy, ke kterým patří i prosklené dveře. Výsledkem umístění pod nejvíce ochlazované prosklené plochy je maximální snaha zamezit nepříjemným studeným proudům, a také nepříjemnému studenému sálání skla směrem k člověku.

- **Konvektory s přirozenou konvekcí**

Konvektory s přirozenou konvekcí dosahují sice menších výkonů než ty s nucenou konvekcí, ale nepotřebují ventilátor, který může být zdrojem hluku. Fungují na principu rozdílných hustot vzduchu, a to tak, že ohřátý vzduch stoupá vzhůru a vytváří tak lehký podtlak pro nasávání studeného vzduchu, který většinou tomuto principu pomáhá tak, že ochlazený vzduch od prosklené plochy přirozeně padá do nasávacího prostoru konvektoru.

- **Konvektory s nucenou konvekcí**

Konvektory s nucenou konvekcí dosahují vyšších výkonů než ty s přirozenou. Vyšších výkonů dosahují díky ventilátorům, které jsou schopné přivést ke konvektoru větší



množství vzduchu než přirozenou cestou. Ventilátor je však určitou nevýhodou tohoto systému, a to zejména, že ke svému provozu potřebuje další energii, a to ve formě elektrické. Ventilátor je zdrojem možné poruchy či jiných technických problémů. Ventilátory při svém provozu vykazují hluk, který je proměnný dle rychlosti otáček ventilátoru. S ohledem na maximální akustický výkon by měl být brán zřetel při návrhu. Dnešní ventilátory jsou však mnohem menším zdrojem hluku, než tomu bývalo před lety, díky nižšímu akustickému výkonu ventilátorů se stávají konvektory s nucenou konvekcí více zajímavou variantou pro vytápění. Výhodou však není jen vyšší výkon, ale pomocí regulace otáček se dá lépe korigovat výkon konvektoru dle potřeby.

9.2.2 OTOPNÉ LAVICE

Lavicové konvektory lze najít v provedení s horní deskou i bez, s přirozenou konvekcí i s ventilátorem. Vyznačují se malou výškou typickou obecně pro konvektory. Velmi zajímavé provedení se mi jeví jako konvektorová lavice s deskou určenou k sezení viz obrázek č.19. Takový lavicový konvektor je schopný vhodně využít prostor a skloubit vytápění se zajímavým prostorem pro sezení. Využít se dají v prostorech s prosklenými plochami jako jsou showroomy, kryté bazény, tělocvičny a podobně.



Obrázek č. 19 KORALINE LD [25]

9.2.3 STĚNOVÉ KONVEKTORY

Nástěnné konvektory lze pojmout mnoha způsoby. Prvním způsobem je vložení konvektoru do plechové skříně otevřená ve svém dně a nahoře bývá otvor s mřížkou, která má usměrňující lamely pro nasměrování výsledného proudu. Stejně tak jako u předešlých typů existují varianty s přirozenou a nucenou konvekcí, z čehož plynou stejné výhody a nevýhody



výše zmíněné. Nucená konvekce přináší vyšší výkon, jednoduší regulovatelnost, ale zároveň potřebu elektrické energie a posouzení akustického výkonu. [20]

9.3 PLOŠNÉ VYTÁPĚNÍ

Podlahové, stěnové a stropní vytápění je řazeno mezi převážně sálavé. Důvodem je vyšší podíl sálavé složky oproti konvekční. Nejvyšší podíl sálavé složky je u stropního vytápění, a to 80 %. U stěnového vytápění se uvádí, že sálavá složka je 65 % a nejnižší podíl je u podlahového vytápění, kde poměr mezi sálavou a konvekční složkou je 55 % ku 45 %. [1]

9.3.1 PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

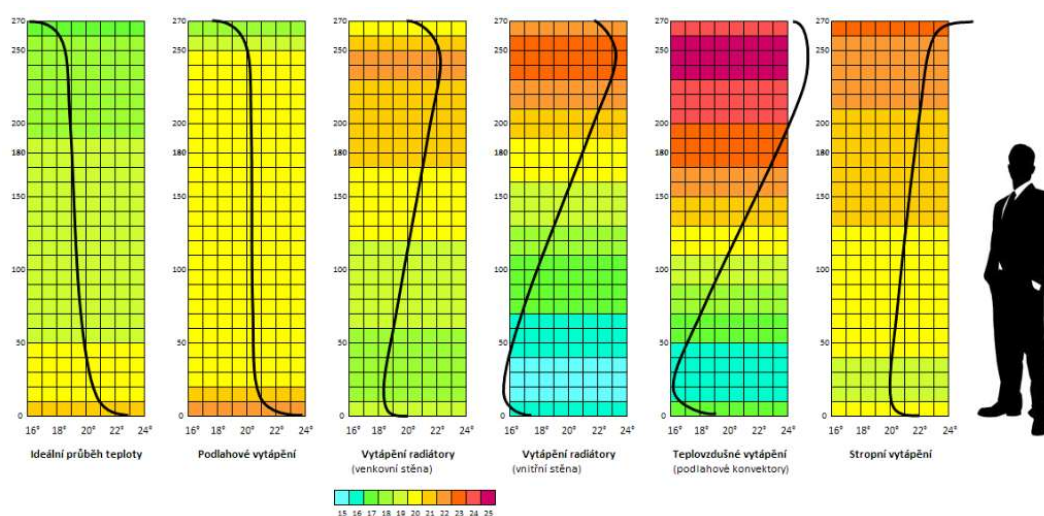
Podlahové vytápění patří mezi nízkoteplotní, a to s minimálními požadavky na teplotu výstupní vody. Vzhledem k tomu, že jsou stanovené maximální povrchové teploty v bytové zóně na 29 °C, v koupelnách 33 °C a doporučené teploty pro dlouhodobě sedící 25 °C, pro stojící a chodící 23 °C. Z toho je jasné, že není třeba příliš vysokých vstupních teplot otopné vody. S ohledem na výpočet konečné povrchové teploty se volí teplotní spád. Mezi běžné teplotní spády patří 35/25 °C nebo 40/30 °C, záleží na skladbě podlahy. Fakt, že podlahové vytápění potřebuje pro svůj provoz nízké teploty výstupní vody mu nahrává, jelikož moderní zdroje energie pracují s nejlepší účinností, právě při nižších hodnotách výstupní vody nebo potřebě nižších teplot na zpátečce. Zdroje jako jsou kondenzační plynové kotle nebo tepelná čerpadla se velmi hodí do konceptu podlahového vytápění. Kondenzační technika dosahuje nejlepších účinností právě při teplotním spádu 40/30 °C díky maximálnímu využití kondenzačního tepla. A tepelná čerpadla zase mají nejlepší COP při takto nízkých teplotách výstupní vody. Vzhledem k nižší potřebě teploty výsledného vzduchu v místnosti oproti konvekčnímu vytápění, dosahuje podlahové vytápění stejné tepelné pohody v interiéru s teplotou o 2-4 °C menší. Tedy spojením podlahového vytápění a vhodného zdroje dosáhneme jak nižších tepelných ztrát, tak vysoké účinnosti vytápění. Výsledek tohoto spojení může být finančně velmi zajímavý. [1] [20]

U podlahového vytápění je nevýhodou pomalejší schopnost reagovat na změnu potřeby dodávaného výkonu. Tento fakt je způsoben principem akumulace tepla do hmoty, která posléze předává teplo místnosti, což je časově zdlouhavější proces než u konvekčního



způsobu vytápění. Tento způsob v sobě skrývá nevýhodu rychle reagovat na momentální potřebu výkonu, nebo docílit rychlé změny teploty. Avšak další vlastností naakumulovaného tepla ve hmotě je takzvaná samoregulační vlastnost, tato vlastnost velmi zmenšuje nevýhodu rychlé regulace. Princip samoregulační vlastnosti uvedu na zjednodušeném příkladu. Pokud v místnosti poklesne teplota, tak se zvětší celkový tepelný tok z podlahy do místnosti, a to ve výsledku znamená vyšší výkon, což napomáhá udržet ustálenou teplotu. Tento princip funguje i opačně, pokud se v místnosti zvýší teplota, zmenší se celkový tepelný tok. Regulace je tedy problémovější, avšak ve spojení se samoregulační vlastností a samoadaptivním regulátorem, který umí včas změnit poměry v otopné soustavě tak, aby předešel výkyvům vůči přednastavené hodnotě pokojové teploty, je pro běžné potřeby více než dostačující.

Dalším faktorem hovořícím pro podlahové vytápění je největší podobnost vertikálního rozložení teplot podobající se ideálnímu průběhu (viz obrázek č. 20).



Obrázek č. 20 Vertikální rozložení teploty [39]

Podlahové vytápění lze dělit podle typu konstrukce provedení otopné plochy:

- **Suchý způsob**

Potrubí otopného hadu je uloženo například do izolační vrstvy pod betonovou deskou. Nebo je potrubí vedeno ve vzduchové mezeře mezi deskami – tento způsob je používán v dřevěných nebo kovových konstrukcích podlah.

- **Mokrý způsob**

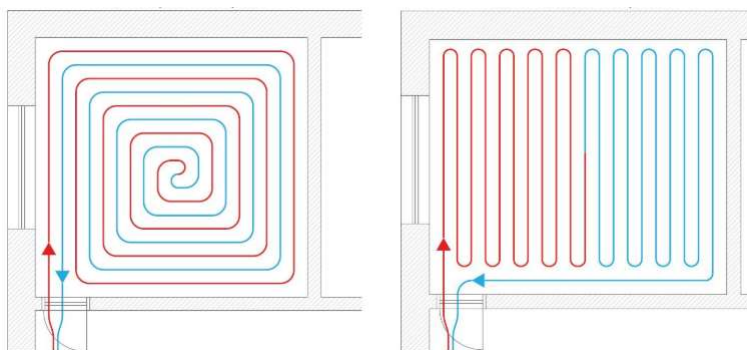
Otopný had je zabetonován přímo do betonové vrstvy nad tepelně zvukovou izolací.



Vzhledem k zabudování potrubí do konstrukce podlahy je potřeba, aby tento systém vykazoval co nejmenší, nejlépe žádnou poruchovost. Tomu se předchází snížením spojů, proto se otopné hady musí pokládat z jednoho kusu potrubí, které začíná na přívodu v rozdělovači a končí na zpátečce. Bohužel se stává, že nedodržením technologického postupu výrobce může potrubí v ohybech praskat. Důvodem bývá špatné skladování potrubí v mrazech či samotná pokládka při teplotách zakázaných výrobcem.

Při projektování podlahového vytápění se musí brát v úvahu i budoucí zastavěnost podlahové plochy nábytkem atd. Pokud by byla zastavěná plocha příliš velká, tím pádem plocha pro sálavé vytápění malá, musel by se zvolit jiný vhodnější způsob vytápění. Dále je třeba dbát při tvarování otopného hadu na zahuštění rozteče u ochlazovaných stěn, kde je potřeba vyššího výkonu pro dosažení optimálních tepelných podmínek v prostoru. Tvarování otopného hadu můžeme rozdělit do dvou základních skupin.

- **Meandrový způsob pokládky** – viz obrázek č.21 vpravo
- **Spirálový způsob pokládky** – viz obrázek č.21 vlevo



Obrázek č. 21 Spirálový způsob (vlevo), Meandrový způsob (vpravo) [11]

Nevýhodou podlahového vytápění je vyšší pořizovací cena oproti klasickým otopným tělesům. Ta je dána vyšší pracností a složitějšími požadavky na konstrukční řešení skladby podlahy a celkově zvolenou technologií podlahového vytápění. [1]

9.3.2 STĚNOVÉ VYTÁPĚNÍ

U stěnového vytápění jde o uložení otopného hadu na stěnu pod omítku. Stěnové vytápění má spoustu společného s podlahovým, ale je zde i mnoho specifických věcí. Rozdílem je například běžně se pohybující povrchová teplota v rozmezí 55 až 60 °C



Podle způsobu zabudování do stěny můžeme otopné plochy dělit na:

- **Mokré systémy**

U mokrého systému dochází k styku otopného hadu přímo s omítkou. Mokré systémy jsou vhodné jak pro zděné budovy, tak se hojně využívají i při rekonstrukcích.

- **Suché systémy**

Největším zástupcem suchého systému jsou vyrobené sádrovláknité desky s již hotovým otopným hadem. Tyto hotové desky s otopným hadem se montují buď na sádrokartonové stěny, případně na pomocné konstrukce u zděných stěn.

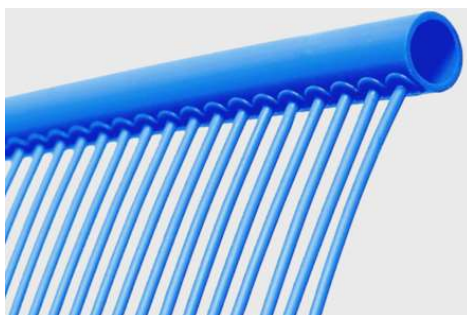
Používanými systémy jsou:

- **Otopné hady**

Používá se potrubí plastové s bariérou proti difuzi vzdušného kyslíku, měkké měděné povlakové a lze použít i vícevrstvé potrubí.

- **Kapilární rohože**

Kapilární rohože se vyznačují přívodním a sběrným potrubím spojeným kapilárami. Navrhuje se potrubí o malých průměrech 6x1 a 8x1, důvodem je snaha zbytečně nezvyšovat tloušťku omítky. Konstrukce kapilární rohože je vidět na obrázku č. 22.



Obrázek č. 22 Kapilární rohož od firmy G-TERM [12]

Doporučení pro návrh stěnového vytápění upozorňuje, kam by se mělo a kam by se nemělo stěnové vytápění projektovat. Mělo by se projektovat nejprve na vnitřní stěnu obvodové konstrukce, a teprve pokud by nebylo dosaženo potřebného výkonu, může se navrhnout i na vnitřní příčky. Při instalaci na příčky se musí dát pozor, aby otopná plocha nebyla instalována proti průteplivé konstrukci, čímž by docházelo k nechtěným tepelným ztrátám. Průteplivou konstrukcí jsou chápány prosklené plochy. Vždy by se mělo ověřit, zda použitá omítka odolává projektované maximální teplotě přiváděné do potrubí. [1]



9.3.3 STROPNÍ VYTÁPĚNÍ

U stropního vytápění, stejně tak jako u podlahového vytápění je důležité správně zvolit maximální přípustnou povrchovou teplotu stropu. Příliš vysoká povrchová teplota by mohla způsobit nadměrné osálení temene hlavy, které by způsobovalo značnou tepelnou nepohodu. Požadavek, který nesmí být překročen je maximální hodnotou sálavého toku 200 W/m^2 v oblasti hlavy. Tomu odpovídají průměrně povrchové teploty v rozmezí 40 až $45 \text{ }^\circ\text{C}$.

Mezi dvě nejčastější možnosti provedení patří:

- **Zalité potrubí ve stropě**

Tento způsob provedení má další dvě možnosti aplikace, jak zabudovat otopné potrubí do konstrukce stropu.

- 1) **Do nosné konstrukce**

Potrubí je přímo součástí nosné konstrukce neboli je zalité do betonu nosné desky.

Tento způsob využívá akumulární schopnosti betonu. Akumulární schopnost betonu se dá využít nejen pro vytápění ale i pro letní chlazení.

- 2) **Do omítky**

Dalším možným způsobem je zabudování otopného hadu do omítky podobně jako u stěnového vytápění. I zde se dá použít klasického otopného hadu či kapilárních sítí. Podobně jako u předchozí varianty se dá systém použít v letních měsících na chlazení prostoru, kde ze stropu nesálá teplo, ale chlad.

- **Lamely**

Lamelový strop je spojení otopného hadu zabudovaného pevně do lamely, která je schopna rovnoměrněji rozprostřít tepelný tok, a zároveň zvětšují přestupní plochu potrubí. Možností, jak zakomponovat lamely je více, příklad provedení lamelového stropního vytápění je vidět na obrázku č. 23. [1]





9.4 VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

Vytápět prostor se kromě výše zmíněných teplovodních soustav dá i pomocí vzduchu. V kapitolách 6 Způsoby předávání tepla a 7 Teplovzdušné vytápění je princip teplovzdušného vytápění popsán. Sdílení tepla probíhá pomocí proudění teplého vzduchu v místnosti. Tím, že je teplonosná látka vzduch, který má nižší tepelnou kapacitu narůstá potřebné množství media pro dosažení stejného výkonu oproti teplovodnímu vytápění. Tím jsou dány větší dimenze potrubí a větší zásahy do konstrukce a její statiky. Výhodou je ovšem rychlá schopnost regulace. Další výhodou je možnost systém projektovat jako chlazení, a tak mít dva systémy v jednom.

Způsobů, jak dostat teplý vzduch do místnosti je několik, a hlavní z nich jsou:

9.4.1 CENTRÁLNÍ ROZVOD

Centrální rozvod se vyznačuje pouze hlavní centrální jednotkou. V centrální jednotce probíhá úprava vzduchu na zvolené parametry včetně teploty, a tento vzduch je pomocí distribuční sítě rozveden do jednotlivých koncových prvků. Tento způsob se hodí spíše do provozů, kde jsou všude vyžadovány stejné podmínky vnitřního prostředí.

9.4.2 S KONCOVÝMI JEDNOTKAMI

Existuje velké množství větracích a klimatizačních systémů. Systém lokální úpravy vzduchu, podle požadavků v konkrétním místě je možné řešit koncovými prvky. Příkladem konečné úpravy vzduchu mohou být ventilátorové konvektory, jinak nazývané jako fan-coil, známé pod zkratkou FCU. Ventilátorové konvektory mají většinou výměník, ke kterému je potřeba přivést topnou vodu. Ve výměníku se ohřeje vzduch na požadovanou výstupní teplotu, která může být v každé místnosti rozdílná. Pokud se zvolí ventilátorové konvektory se čtyřmi vstupy pro medium, je možné v jedné místnosti chladit a v druhé topit. Časté jsou však FCU jednotky jen se dvěma vstupy neboli přívod a odvod topné vody. U této varianty jsou všechny koncové jednotky buď v režimu topení nebo chlazení, avšak i to je velmi výhodné z pohledu využití jednoho systému jak na vytápění v zimě, tak na chlazení v létě.



9.5 ZÁŘIČE

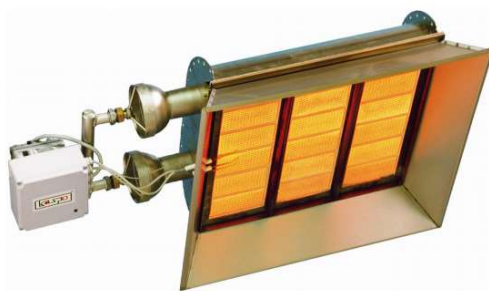
Vytápění zářiči se uplatňuje v průmyslových a velkoprostorových objektech. Zářiče spadají do sálavého vytápění. Nachází použití v rozsáhlých prostorech s vyšší konstrukční výškou, kde se však pracuje jen v určitém prostoru. Díky usměrnění své sálavé složky jsou schopny v konkrétním prostoru dosáhnout přijatelných tepelných podmínek, a zároveň není potřeba vytápět celý objem hal či jiných převážně průmyslových prostorů. Tím by měly dosáhnout menších tepelných ztrát těchto objektů a tudíž úspor. Pro zvýšení tohoto efektu je možné zářiče zónovat, respektive pokud se v některém prostoru nepracuje mohou se vypnout.

Používají se převážně plynové zářiče, které se dělí do kategorií: [24]

9.5.1 SVĚTLÉ ZÁŘIČE

Princip světelného plynového infrazářiče je, že směs plyn-vzduch vytvořená injektorem, která je elektricky zapálena shoří na povrchu jemnoporézní keramické desky. Způsobí zahřátí této desky na 800 až 900 °C. Deska se rozžhaví do červena a pomocí reflektoru je usměrňováno její záření. Umísťují se buď na bočních stěnách haly nebo pod stropní konstrukcí. Vhodné jsou však haly s vysokým prostorem a to přes 4 metry. [24]

Světlé infrazářiče



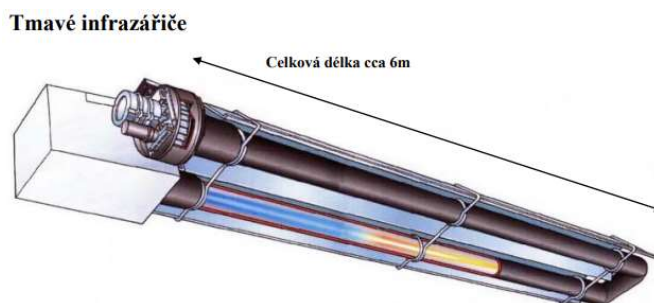
Obrázek č. 24 Světlý infrazářič od firmy KASPO [22]

9.5.2 TMAVÉ ZÁŘIČE

Tmavé zářiče používají vysokoteplotní sálavé vytápění, které pracuje na principu přímého vytápění zářiče plynem nebo propan butanem. Využívají se plynové sálavé trubice, převážně tvaru U, I, L i jinak různě tvarované. Zdrojem tepla bývá dlouhoplamenný atmosférický hořák, který produkuje tzv. měkký plamen. Povrchová teplota trubice je nerovnoměrně



rozložená, a to u hořáku od 550 °C až 180 °C na konci trubice. Průměrná hodnota se pohybuje okolo 350 °C. Tmavé zářiče se instalují v nižších halách, a to 4,5 -5 metrů. [24]



Obrázek č. 25 Tmavý infrazářič od firmy KASPO [23]

10 MĚŘENÍ A REGULACE

Měření a regulace je samostatný obor. Pro účely vytápění se vzhledem k zvyšujícím nákladům na energie stává klíčovým oborem při navrhování a provozování otopných soustav.

Vývoj v tomto oboru za posledních několik let velmi pokročil. Vývoj armatur, čerpadel, a hlavně po stránce automatizace celého procesu přináší spoustu nových možností, jak měřit a regulovat otopné soustavy. Dnes se těmito budovám využívající nové technologie k vytápění řízené pomocí elektroniky říká „Inteligentní budovy“. Inteligentní budova je mnohem širší pojem sjednocující integrovaný management budovy se sjednocenými systémy řízení od techniky prostředí, komunikaci, energetiku až po zabezpečení a mnoho dalších věcí. Programovatelnost celého procesu pomocí procesorů, které reagují na nejmenší změny podmínek okamžitě je obrovským přínosem. Při vytápění budov pomáhají zlepšovat tepelnou pohodu udržováním optimální teploty. Výsledkem optimální teploty není jen zlepšení tepelné pohody, ale také nepřetápění budov. Ve spojení s naprogramováním požadovaných teplot jen po dobu užívání objektů se dosahuje značných úspor energií. Úsporám energií napomáhá více faktorů, lepší tepelně technická obálka budov, možnost snížit tepelné ztráty větráním pomocí rekuperací, to vše snižuje nároky na potřebný dodávaný výkon z pohledu vytápění.

V této práci se zaměřím pouze na regulační armatury použité v paralelním projektu vytápění, který je hlavním cílem této práce. Širší pojetí měření a regulace by přesahovalo rozsah této práce.

V projektu vytápění multifunkční budovy jsou použity tyto armatury:



10.1 TERMOSTATICKÝ VENTIL

Termostatické ventily slouží nejen k připojení termostatické hlavice, ale také pomáhají správnému hydraulické zaregulování otopných těles v rámci soustavy. Správná hydraulika soustavy pomáhá k rovnoměrnému rozložení výkonu do otopných těles, a tím nedochází k přetápění těles na začátku a nedotápění na konci soustavy.

Termostatický ventil řídí výkon tělesa změnou průtoku. Základem pro správné navržení termostatického ventilu je správná hodnota Kv (jmenovitý průtok), dnes se používají převážně termostatické ventily s nastavitelnou hodnotou Kv. Ke správnému nastavení průtoku vody tělesem je třeba správně přednastavit stupnici vložky. Nejčastější stupnice vložky je v rozmezí od 1 až 8 ale mohou být i jiné stupnice. Nastavení hodnoty vložky není hodnota Kv.

Do deskových otopných radiátorů, například typu ventil kompakt se dnes instalují samotné vložky ventilů, nazývají se ventilové vložky. Mají stejné vlastnosti jako celý termostatický ventil a stejně tak umožňují osazení termostatické hlavice.

Termostatické ventily se vyrábějí v provedení přímém, rohovém, axiálním. Na obrázku č. 26 je vidět termostatický ventil v rohovém a přímém provedení V-exact II od firmy IMI HEIMEIER. [3]



Obrázek č. 26 Termostatický ventil V-exact II od firmy IMI HEIMEIER [18]

10.2 TERMOSTATICKÁ HLAVICE

Termostatické hlavice se nasazují na termostatické ventily. Funkcí termostatické hlavice je regulace teploty okolního vzduchu prostoru. Nastavením požadované teploty na termostatické hlavici dochází k regulaci průtoku otopného media. Principem regulace je, že při změně teploty dochází k dilataci teplotně citlivé látky. Teplotně citlivá látka se se změnou teploty



roztahuje či smršťuje, a tím více či méně stlačuje kuželku termostatického ventilu. Pohyb kuželky termostatického ventilu způsobuje otvírání a zavírání ventilu, čímž dosahuje pomocí regulace hmotnostního průtoku potřebný výkon k dosažení požadované teploty.

Termostatické hlavice se provádí v různém provedení a různém pásmu proporcionality. Obvykle vyráběným pásmem proporcionality je 2K. To znamená, že jmenovitý zdvih ventilu se stává zdvihem, kterým dosáhneme za zcela otevřené polohy zvýšením teploty snímače o jmenovitý uzavírací teplotní rozdíl 2K. Různým provedením jsou myšleny termostatické hlavice s vestavěným či odděleným čidlem, s dálkovým nastavením atd. Příkladem jsou na obrázku č. 27 Termostatické hlavice od firmy IMI HEIMEIER.

Možností, jak nahradit termostatický ventil jsou elektrické pohony se stejnou funkcí, s tím rozdílem, že jsou regulované a řízené například pomocí pokojového termostatu. Příklad elektrického pohonu od firmy IMI TA je na obrázku č. 28. [3]



Obrázek č. 27 Termostatické hlavice [17]



Obrázek č. 28 Elektrický pohon [15]

10.3 REGULAČNÍ ŠROUBENÍ

Pomocí regulačních šroubení se dá též částečně regulovat průtok otopnými tělesy, a tím docílit dokonalého hydropneumatického vyvážení. Mezi další důležité vlastnosti regulačního šroubení patří uzavírání a vypouštění. Díky těmto dvěma vlastnostem jsme schopni uzavřít a vypustit radiátor, což umožňuje možnost výměny radiátoru za plného provozu otopné soustavy. Bez potřeby odstavit a vypustit celou větev či celý systém. Ne vždy mají regulační šroubení všechny výše popsané vlastnosti. Pokud je umožněno vypouštění těles jinak, není tato vlastnost nutná.

Regulační šroubení se vyrábí v provedení rohové a přímé (viz obrázek č. 29). Speciálním druhem regulačního šroubení jsou takzvané H-šroubení. Svůj název získali pro ně typickým



vzhledem připomínající písmeno H. Používají se u těles se spodním připojením trubkových radiátorů do koupelen či otopných těles typu ventil kompakt (viz obrázek č.30). Dají se sehnat též v přímém či rohovém provedení.



Obrázek č. 29 Regutec od firmy IMI HEIMEIER [16]

Obrázek č. 30 Vekotec od firmy IMI HEIMEIER [14]

10.4 VYVAŽOVACÍ VENTIL

V projektu je použit vyvažovací ventil jako partnerský ventil k regulátoru tlakové difference. Vyvažovací ventily při správném nastavení zajišťují rovnoměrné rozdělení media. V projektu regulují vyvažujícími ventily průtok jednotlivými větvemi. Pokud jsou ventily správně nastaveny lze předpokládat, že při změnách průtoků bude tento poměr zachován. To je základní předpoklad pro správný chod otopné soustavy. [13]



Obrázek č. 31 ASV-BD od firmy DANFOSS [7]

10.5 REGULÁTOR TLAKOVÉ DIFERENCE

Regulátor tlakové difference udržuje stálý rozdíl tlaku na spotřebiči při proměnném průtoku. Docílí se toho ovládáním kuželky regulačního ventilu podle membrány, na níž z jedné strany působí tlak před spotřebičem a z druhé strany tlak za spotřebičem. Silové působení na



kuželku je potom úměrné rozdílu obou tlaků. Udržovaný tlak se nastavuje pružinou více či méně stlačovanou nastavovacím mechanismem se závitem. [13]

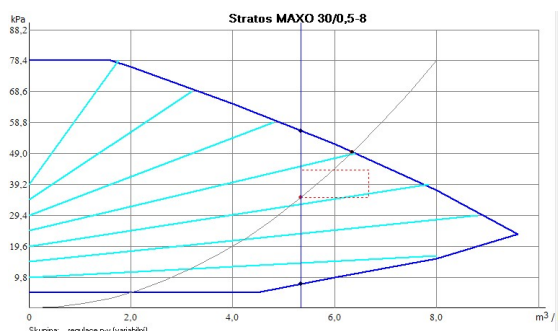


Obrázek č. 32 ASV-PV 4. generace od firmy DANFOSS [8]

Regulátor tlakové difference v kombinaci s partnerským ventilem jsou vhodnou kombinací pro systémy s proměnlivým průtokem. Proměnlivý průtok je tvořen právě otopnými tělesy s termostatickými ventily a jejich regulací. Spojením těchto dvou armatur, při správném přednastavení termostatických ventilů a regulačních šroubení na tělesech jsou vhodnou volbou, jelikož udržují jednotlivé větve v rovnováze jak po stránce průtoků, tak tlaků.

10.6 ČERPADLO

Čerpadla s možností proměnného průtoku se hodí do otopných soustav. Výhoda takového čerpadla je, že umí snížit svou čerpací práci při potřebě nižšího průtoky soustavou. Tím je schopné šetřit jak elektrickou energii, tak i svou životnost. Čerpadla v uzavřené soustavě se navrhují na hydraulický odpor soustavy. Hlavní charakteristiky čerpadla jsou jeho dopravní výška (maximální čerpací tlak) a průtok. Při malém průtoku je dosahováno maximální možné dopravované výšky. S rostoucím průtokem klesá dopravní výška čerpadla. Příklad křivky čerpadla Stratos MAXO 30/0,5-8 je na obrázku č. 33, tato křivka je převzata z programu PROTECH. [21]



Obrázek č. 33 Křivka čerpadla (pořízena v programu PROTECH) [34]

10.7 EXPANZNÍ NÁDOBA

Expanzní nádoba je důležitým prvkem uzavřené otopné soustavy. Expanzní nádoba musí být navržena tak, aby v soustavě vyrovnávala změnu tlaků vyvolanou změnou teploty otopného média a zároveň udržovala tlak vody v určitém rozmezí. Změna objemu z napuštěné vody do soustavy o 10 °C na maximální projektovanou teplotu topné vody je takzvaný expanzní objem. Expanzní objem je důležitým faktorem pro návrh velikosti expanzní nádoby. Expanzní nádoba však sama o sobě neuchrání soustavu před přetlakem, tuto funkci zajišťuje pojistný ventil. Podrobný návrh expanzní nádoby je popsán v ČSN EN 12 828+A1, dle kterého byla expanzní nádoba do paralelního projektu navržena. [21]



Obrázek č. 34 Expanzní nádoba REFLEX [35]

10.8 POJISTNÝ VENTIL

Pojistný ventil chrání soustavu před přetlakem. Správné zabezpečení soustavy má dobře navrženou expanzní nádobu, která drží tlak v provozním rozmezí a pojistný ventil který



chrání soustavu proti nedovolenému přetlaku. Pojistný ventil musí být nastaven na menší hodnotu přetlaku než nejslabší místo soustavy. Takovým místem může být například kotel s maximálním tlakem 300 kPa. Pojistný ventil tedy musí zajistit, aby v žádném případě nedošlo k navýšení tlaku v soustavě na 300 kPa, čímž by mohlo dojít k nehodě, v podobě výbuchu kotle a úniku horké vody. Proto se pojistný ventil nastavuje na nižší hodnotu například 250 kPa. To znamená, že pokud se v soustavě zvedne tlak na 250 kPa pojistný ventil se otevře a upustí tlak v podobě vody ze soustavy pryč. Tím je soustava chráněna proti poškození přetlakem na nejslabším místě. [21]



Obrázek č. 35 Pojistný ventil DUCO [31]

11 POPIS A ZDŮVODNĚNÍ ZPŮSOBU VYTÁPĚNÍ V PROJEKTU

V této kapitole bude nejdříve popsán objekt multifunkční budovy, na který byl zhotoven projekt. Další částí je stručný popis a odůvodnění výběru dílčích částí, které byly použity v projektu.

11.1 POPIS OBJEKTU

Víceúčelová budova v Roztokách u Prahy je situována v ulici Jungmannova č.p. 966. Jedná se o budovu, která má tři nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží. V budově se nachází tři účelové celky v podobě městského úřadu, městské knihovny a komerčních učeben se sálem. Objekt je rozdělen na dvě samostatné budovy, které se spojují v jednu ve třetím podlaží, kde se vyskytují výše zmíněné učebny a sál. V západním samostatném celku budovy bude sídlit městský úřad a ve východním samostatném celku bude městská knihovna.



Městský úřad se vyskytuje v levé části budovy (při pohledu na výkres) od 1.PP až po 2.NP. V podzemním podlaží má skladovací prostory a trezor, taktéž se zde vyskytuje zázemí pro údržbáře. V prvním nadzemním podlaží se nachází několik kanceláří se společnou kuchyňkou a WC pro zaměstnance, taktéž WC pro návštěvníky městského úřadu a jednu velkou zasedací místnost. V druhém nadzemním podlaží se nachází jedna malá zasedací místnost, několik kanceláří městského úřadu, taktéž je zde společná kuchyňka a WC pro zaměstnance, tak i WC pro veřejnost.

Knihovna se rozkládá v pravé části budovy (při pohledu na výkres) od 1.PP až po 2.NP. V podzemním podlaží se nachází sklad městské knihovny a technická místnost určená k vytápění budovy. V prvním podlaží je velký prostor zabrán prostorem s beletrií, dále se zde nachází WC pro veřejnost, kancelář pro vedení knihovny a jedna přednášková místnost. V druhém nadzemním podlaží najdete kavárnu, zázemí kavárny, dětské oddělení, oddělení s naučnou literaturou, studovnu a kancelář.

Třetí celek v třetím nadzemním podlaží je vybaven dvěma učebnami a dvěma kabinety, velkým sálem, zázemím sálu jako jsou šatny, sprchy, WC a skladem židlí. Dále je zde prostor v předsálí, ze kterého se dostaneme na WC pro veřejnost.

11.2 ZDŮVODNĚNÍ ZPŮSOBU VYTÁPĚNÍ

Multifunkční dům je situován uprostřed města s nižší zástavbou. Vzhledem k možnosti napojení k odběru zemního plynu se tato varianta jeví jako nejlevnější s dobrou účinností při zvolení kondenzačních kotlů, a vzhledem k možnosti je poskládat do kaskády i bezproblémové dosažení potřebného výkonu. Volbou nejúčinnější možné varianty z možností plynových kotlů, a to s kondenzační technikou, budovu předurčuje k nízkoteplotní soustavě. K předávání tepla byla vybrána kombinace otopných těles, a to konkrétně radiátory typu ventil kompakt a podlahových konvektorů s přirozenou konvekcí. Radiátory zajišťují většinu výkonu v budově, důvodem je vhodný způsob poměru konvekční a sálavé složky zajišťující dobrý tepelný komfort vzhledem k zastoupení obou složek. Radiátory jsou doplněny o podlahové konvektory s přirozenou konvekcí. Důvodem jsou velké prosklené plochy od podlahy až téměř po strop, které by mohli způsobovat nepříjemné a nechtěné studené proudy vzduchu, a tím zhoršovat tepelnou pohodu prostředí. Výhodou kombinace radiátorů a konvektorů je i



přiměřená cena oproti například podlahovému vytápění. Pro převážně konvekční způsob vytápění hovoří i fakt, že budova je provozovaná s přerušovaným provozem. Konvekční způsob je schopný rychleji dosáhnout potřebných změn než sálavé systémy typu podlahového vytápění, které se převážně hodí do provozně nepřerušovaných prostorů. Teplovzdušné vytápění s koncovými jednotkami by mohlo být alternativou pro mnou zvolený způsob, vyhovovalo by potřebám budovy. Teplovzdušné vytápění však zcela postrádá sálavou složku, kterou považuji za velice důležitou pro dosažení optimálního tepelného komfortu. Vzhledem k zvolenému zdroji a otopným tělesům je nejvhodnější tepelný spád 55/45 °C. Důvodem je, jak omezení teploty zpátečky nutné pro správný chod kondenzačních kotlů, tak i fakt, že návrh budovy má kvalitní obvodový plášť, který vykazuje malé tepelné ztráty prostupem. Díky poměrně malým tepelným ztrátám budovy dosahují radiátory správného výkonu při vhodné velikosti. Správná velikost přispívá, jak správnému osazení těles pod okna, tak i pocitový komfort z vytápění, kdy při pohledu na přijatelně velké těleso, se cítíme lépe než při pohledu na malé těleso o stejném výkonu.

Vzhledem ke zvoleným prvkům je vhodnou variantou uzavřená soustava s protiproudým zapojením a nuceným oběhem.

U měření a regulace byly prvky částečně volbou celkového konceptu předurčeny. Termostatické ventily a termostatické hlavice jsou zvoleny pro možnost regulace teploty v jednotlivých zónách. Rozdílným provozem zón jsou dokonce vyžadovány jejich rozdílné teploty. Místo termostatických hlavic zde byla v některých zónách využita alternativa elektrického pohonu ve spojení s pokojovým termostatem. Jakým způsobem mezi sebou tyto dva prvky budou komunikovat, je na projektantovi slaboproudých instalací. Výhodou tohoto zapojení je přehlednější možnost regulace zvolením požadované výsledné teploty, zatímco otáčením termostatickou hlavici se stupnicí od 1 do 5 je méně přehledné, ve spojení s více tělesy v místnosti to znamená obejít všechna tělesa a u všech přenastavit hodnotu na stupnici. Není optimální, aby jedno těleso vytápělo prostor a zbylá byla zavřena.

Regulační šroubení ve spojení s termostatickým ventilem zajišťují hydraulické vyvážení v rámci jedné větve na každém podlaží. Výhodou spojení regulačního šroubení a termostatického ventilu je možnost těleso odpojit od soustavy a za plného provozu, vypustit a vyměnit, pokud to je zapotřebí. U radiátorů ventil kompaktní tuto vlastnost zastane samotné H-šroubení. U radiátorů ventil kompaktní totiž není klasický termostatický ventil, protože do těla



radiátoru je zakomponována ventilová vložka, na kterou se přímo osazuje termostatická hlavice. Po vyregulování větve na řadu přišlo vyregulování větví mezi sebou na jednom okruhu. Tuto funkci zastává regulátor diferenčního tlaku v kombinaci s partnerským ventilem na každé větvi. Zajišťují správný poměr rozdělení průtoků do jednotlivých větví a udržují vhodné tlakové podmínky. Čerpadlo je zvoleno s možností variabilního průtoku, jelikož soustava s termostatickými hlavicemi je typickým případem, kdy se mění potřeba průtoku podle otvírání a uzavírání jednotlivých termostatických hlavic. Expanzní nádoba a pojistný ventil je nutnou součástí uzavřené soustavy, bez které by projekt nemohl být platný. Dále se v kotelně vyskytují armatury typu odvzdušňovacích ventilů, zpětných klapek, filtrů, uzavíracích a vypouštěcích kohoutů atd. Samozřejmě regulace otopné soustavy by se neobešla bez informací o teplotě otopné vody, proto jsou zde teploměry. Manometr pro informaci o správném tlaku v otopné soustavě, který se musí pohybovat ve vyznačeném pracovním rozsahu tlaků.

12 ZÁVĚR

V teoretické řešeršní části bylo popsáno téměř celé spektrum možností, které se dají při projektování vytápění využít. Po komplexním prostudování dané problematiky ve vytápění došlo k následnému posouzení výhod a nevýhod jednotlivých variant, a vhodné z nich byly vybrány pro návrh vytápění projektu dané multifunkční budovy.

V předchozí kapitole byl zdůvodněn výběr jednotlivých prvků vytápění zakomponovaných do hlavního projektu vytápění v multifunkční budově, což bylo jedním z dílčích cílů diplomové práce. Při řešeršní práci bylo zjištěno, že nelze předem určit obecně nejvhodnější způsob vytápění multifunkčních budov. Vždy je nutné zvolit vhodné prvky otopné soustavy podle potřeb a možností dané multifunkční budovy.



13 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] BAŠTA, Jiří, 2010. *Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 978-80-247-3524-5.
- [2] BOSCH: *Tronic Heat 3500* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.bosch-thermotechnology.com/cz/cs/ocs/roдинne-domy-a-byty/tronic-heat-3500-1098090-p/>
- [3] BROŽ, Karel, 2002. *Vytápění*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-010-2536-5.
- [4] Český hydrometeorologický ústav: *Měsíční přehledy pozorování* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>
- [5] ČSN 07 0703: *Kotelny se zařízeními na plynná paliva*, 2005.
- [6] *Dálkové vytápění: 7 hlavních výhod dálkového vytápění* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://www.naseteplo.cz/>
- [7] Danfoss: *Partnerské ventily* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://store.danfoss.com/cz/cs/Vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD-a-d%C3%A1lkov%C3%A9-vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD/Vyva%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD-soustav-vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD-a-chlazen%C3%AD/Automatick%C3%A9-regul%C3%A1tory-diferen%C4%8Dn%C3%ADho-tlaku/Partnersk%C3%A9-ventily/ASV-BD/p/003Z4043>
- [8] Danfoss: *Regulátory diferenčního tlaku* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://store.danfoss.com/cz/cs/Vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD-a-d%C3%A1lkov%C3%A9-vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD/Vyva%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD-soustav-vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD-a-chlazen%C3%AD/Automatick%C3%A9-regul%C3%A1tory-diferen%C4%8Dn%C3%ADho-tlaku/Regul%C3%A1tory-diferen%C4%8Dn%C3%ADho-tlaku/ASV-PV/ASV-PV-4G/p/003Z5503>
- [9] *Energetický regulační ústav: Roční zpráva o provozu ES ČR 2018* [online], [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/4580207/Rocni_zprava_provoz_ES_2018.pdf/1420388b-8eb6-4424-9ad9-c06a57b5326c
- [10] ENVI: *Tepelná čerpadla, typ země/voda - horizontální kolektory* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: http://www.envi.cz/show.php?id=17&ids=22&par=tepelna_ce
- [11] FV plast: *Montážní instrukce pro FV THERM* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.fv-plast.cz/montazni-instrukce-fv-therm>
- [12] G-TERM: *Typy instalací rohoží* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://g-term.hennlich.cz/produkty/kapilarni-rohoze-typy-instalaci-rohozi-918/do-omitky.html>
- [13] Honeywell: *Vždy v rovnováze aneb vyvažování armaturami* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://www.honeywell.cz/Home/Odb.clanky/Vyva%C5%BEov%C3%A1n%C3%A1D%20armaturami%20Honeywell.pdf>
- [14] IMI Hydronic Engineering: *Armatury pro otopná tělesa s integrovanou ventilovou vložkou* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/termostatick%C3%A1->



- [regulace/termostatick%C3%A9-hlavice-a-ventily/armatury-pro-otopn%C3%A1-t%C4%9Blesa-s-integrovanou-ventilovou-vlo%C5%9Bkou/Vekotec/d4f5b740-2372-40c4-9c15-f239444978e9](#)
- [15] *IMI Hydronic Engineering: Elektrické pohony* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/vyva%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD-regulace-a-pohony/elektrick%C3%A9-pohony/elektrick%C3%A9-pohony/EMO-TM/9c808ba0-4991-49b9-9de9-29b11bf343ce>
- [16] *IMI Hydronic Engineering: Regulační šroubení* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/termostatick%C3%A1-regulace/termostatick%C3%A9-hlavice-a-ventily/regula%C4%8Dn%C3%AD-%C5%A1rouben%C3%AD/Regutec/7f21877d-567c-495c-8320-9a3e269ea0c4>
- [17] *IMI Hydronic Engineering: Termostatické hlavice a ventily* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/termostatick%C3%A1-regulace/termostatick%C3%A9-hlavice-a-ventily/Pages/default.aspx>
- [18] *IMI Hydronic Engineering: Termostatické ventily* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/termostatick%C3%A1-regulace/termostatick%C3%A9-hlavice-a-ventily/termostatick%C3%A9-ventily/V-exact-II/bc80164f-a4a8-41b0-acc3-16c0edc2e8ac>
- [19] *IVT: Země/voda - vrt* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vrt>
- [20] KABELE, Karel, 2011. *Energetické a ekologické systémy 1: zdravotní technika, vytápění*. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-04722-4.
- [21] KABELE, Karel, 2013. *Technická zařízení budov: vytápění - podklady pro cvičení*. V Praze: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-05203-7.
- [22] *KASPO: Světélé infrazářiče* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://www.kaspo.cz/download/obecne/dalsi-informace-svetle-zarice.pdf>
- [23] *KASPO: Tmavé infrazářiče* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://www.kaspo.cz/download/obecne/dalsi-informace-tmave-zarice.pdf>
- [24] *KASPO: Typy infrazářičů* [online], [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: <http://www.kaspo.cz/vse-o-infravytapani/typy-infrazaricu>
- [25] *Korado: Konvektory* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/konvektory.html>
- [26] *Korado: Otopné výměníky* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/korabase-novy-katalog.pdf>
- [27] *Korado: RADIK KLASIK* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/radik/radik-klasik.html>
- [28] KOUBKOVÁ, Ilona, *Zásobování objektů plynem, domovní plynovod* [online]. [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125yopz/prednasky/125yopz-02.pdf>
- [29] *KP MARK: Maxi S-calc* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: http://www.kpmark.cz/uploads/MaxiS_calc.pdf
- [30] LULKOVÍČOVÁ, Otília, 2004. *Zdroje tepla a domovní kotelny*. Bratislava: Jaga. Vytápění. ISBN 80-807-6002-0.



- [31] *Meibes: Membránové pojistné ventily pro vytápění* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://www.meibes.cz/ventily-pojistne-a-smesovaci/pojistne-ventily-pro-systemy-vytapeni-a-tv-zavitove/membranove-pojistne-ventily-pro-vytapeni/membranove-pojistne-ventily-pro-topeni-zavitove>
- [32] *NIBE: Tepelná čerpadla vzduch-voda* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.nibe.cz/tepelna-čerpadla-vzduch-voda>
- [33] *OnlineMech: Modes of Heat Transfer* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://onlinemech.com/2019/04/modes-of-heat-transfer/>
- [34] *PROTECH* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.protech.cz/>
- [35] *REFLEX: Expanzní nádoby* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/cz/expanzni-nadoby-reflex-ng-a-n>
- [36] *STIEBEL ELTRON: Tepelné čerpadlo* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdrojeenergie/tepelne_cerpadlo.html
- [37] *Strukturní vzorec*. In: *Wikipedia* [online]. [cit. 2019-12-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Methan#/media/Soubor:Methane-2D-stereo.svg>
- [38] *Topení nejlevněji: Korado Radik Line VK* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.topeninejlevneji.cz/cz/e-shop/1456834/c83271-line-vk-prave-spodni-pripojeni/korado-radik-line-vk-11-300-x-400-mm-11030040-6010010-spandeskove-otopne-teleso-s-pravym-spodnim-pripojenim-span.html>
- [39] *TZB-info: Podlahové vytápění* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni>
- [40] *TZB-info: Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>
- [41] *TZB-info: Typy solárních kolektorů* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [42] *TZB-info: Zdroje tepla na plyn* [online], [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/4048-zdroje-tepla-na-plyn>
- [43] *Vyhláška č.78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov*, In: . Dostupné také z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-78-2013-sb-o-energeticke-narocnosti-budov>
- [44] *Vytápění prostorů* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/prednasky/125tz01-08.pdf>
- [45] *Základy sálavého vytápění* [online], [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/18273346-Zaklady-salaveho-vytapeni-2162063-6-stropni-vytapeni-30-3-2016-ing-jindrich-bohac.html>



• SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Strukturní vzorec methanu [37]

Obrázek č. 2 Podíl paliv a technologií na výrobě elektřiny brutto – 2018 [9]

Obrázek č. 3 Konstrukce plochých kolektorů [41]

Obrázek č. 4 Rozdělení solárních kolektorů. [41]

Obrázek č. 5 TČ země/voda-horizontální kolektor [10]

Obrázek č. 6 TČ země/voda – vrt [19]

Obrázek č. 7 Schéma dálkového zásobování teplem [6]

Obrázek č. 8 Princip spalování zemního plynu při kondenzačním ohřevu [40]

Obrázek č. 9 Elektrokotel od firmy BOSCH – Tronic Heat 3500 [2]

Obrázek č. 10 Průběh průměrné měsíční teploty v porovnání s dlouhodobým průměrem
Praha-Karlov [4]

Obrázek č. 11 TČ vzduch-voda NIBE [32]

Obrázek č. 12 Ukázka zemního kolektoru (vlevo) a zemního vrtu (vpravo) [36]

Obrázek č. 13 Tlakově nezávislá kompaktní předávací stanice od firmy KP MARK s.r.o. [29]

Obrázek č. 14 Konvekce, vedení a sálání tepla [33]

Obrázek č. 15 Princip otopného tělesa [44]

Obrázek č. 16 Způsob napojení radiátoru RADIK KLASIK od firmy KORADO [27]

Obrázek č. 17 Ukázka radiátoru RADIK LINE VK s rohovým připojením [38]

Obrázek č. 18 Ukázka typického těla konvektorů (KORADO) [26]

Obrázek č. 19 KORALINE LD [25]

Obrázek č. 20 Vertikální rozložení teploty [39]

Obrázek č. 21 Spirálový způsob (vlevo), Meandrový způsob (vpravo) [11]

Obrázek č. 22 Kapilární rohož od firmy G-TERM [12]

Obrázek č. 23 Lamelový strop [45]

Obrázek č. 24 Světlý infrazářič od firmy KASPO [22]

Obrázek č. 25 Tmavý infrazářič od firmy KASPO [23]

Obrázek č. 26 Termostatický ventil V-exact II od firmy IMI HEIMEIER [18]

Obrázek č. 27 Termostatické hlavice [17]

Obrázek č. 28 Elektrický pohon [15]

Obrázek č. 29 Regutec od firmy IMI HEIMEIER [16]



Obrázek č. 30 Vekotec od firmy IMI HEIMEIER [14]

Obrázek č. 31 ASV-BD od firmy DANFOSS [7]

Obrázek č. 32 ASV-PV 4.generace od firmy DANFOSS [8]

Obrázek č. 33 Křivka čerpadla (pořízena v programu PROTECH) [34]

Obrázek č. 34 Expanzní nádoba REFLEX [35]

Obrázek č. 35 Pojistný ventil DUCO [31]